Peter Weirather

Vergleichende Prüfung einfacher Methoden zur Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes im Pansensaft von Rind und Schaf

Diss München
1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544308_0026

Aus der Medizinischen Tierklinik
(Lehrstuhl für Innere Krankheiten der Klauentiere)
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Dr. h.c. G. Dirksen

Vergleichende Prüfung einfacher Methoden zur Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes im Pansensaft von Rind und Schaf

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Peter Weirather
aus
Memmingen

München 1983

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. G. Terplan
Referent: Prof. Dr. Dr. h.c. G. Dirksen
Korreferent: Prof. Dr. D. Giesecke

Tag der Promotion: 29. Juli 1983

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

MEINEN ELTERN

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
E I N L E I T U N G	1
L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T	4
Bisherige Anwendung der Glucosevergärung in der klinischen Pansensaftuntersuchung bei Rind und Schaf	4
Messung der Gasbildung bei der Vergärung von Futtermitteln mit Pansensaft im Hohenheimer Futterwerttest (HFT)	8
Methoden zur Bestimmung der Pufferkapazität im Pansensaft von Rind und Schaf	12
Bestimmung der Gesamtazidität im Pansensaft und bislang vorliegende Meßergebnisse beim Rind	16
Methoden zur Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaft und bislang vorliegende Meßergebnisse beim Rind	19
E I G E N E U N T E R S U C H U N G E N	26
MATERIAL UND METHODE	26
Tiermaterial	26
Gewinnung und Aufbewahrung des Pansensaftes	27

Seite

Technik der Pansensaftuntersuchung 28

Versuchsanordnung 42

Statistische Auswertung der Meßergebnisse 45

ERGEBNISSE

Statistischer Vergleich der bei der Glucose-vergärung mit der 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" erhaltenen Gasbildungswerte mit denen, die mit dem Gärungssaccharometer gemessen wurden 47

Vergleich der Pufferkapazitäts-Messungen mit und ohne Paraffinüberschichtung frisch entnommener Pansensaftproben vom Schaf 51

Statistischer Vergleich der mit dem Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 ermittelten Gesamtaziditätswerte mit denen, die mit der Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW gemessen wurden 54

Statistischer Vergleich der mit dem Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 ermittelten Chloridwerte mit denen, die mit dem Chloridmeter gemessen wurden 57

B E S P R E C H U N G D E R E R G E B N I S S E 60

	Seite
Z U S A M M E N F A S S U N G	68
S U M M A R Y	71
L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S	74
A N H A N G : T A B E L L E N	84
L E B E N S L A U F	101

EINLEITUNG

In den vergangenen vier Jahrzehnten wandte sich die Vormagenforschung immer mehr den mikrobiell-biochemischen Verdauungsprozessen im Hauben-Pansenraum der Wiederkäuer zu. Es zeigte sich, daß bestimmte Krankheiten der beiden ersten Vormägen primär durch Veränderungen in der Zusammensetzung und Aktivität der hier beheimateten mikrobiellen Flora und Fauna verursacht werden.

Zur Erkennung dieser vom Panseninhalt ausgehenden Indigestionen führten HOLTENIUS, BJÖRCK und HOFLUND (1959) die systematische Pansensaftuntersuchung in die klinische Diagnostik der Vormagenkrankheiten ein. Durch die Beurteilung von Farbe, Geruch, Konsistenz und Sedimentbildung sowie die Bestimmung des pH-Wertes von frisch entnommenem Pansensaft ist es seither auch unter Praxisbedingungen möglich, einen Einblick in die im Pansen ablaufenden Störungen der Verdauungsvorgänge zu erhalten. Andere der beschriebenen Untersuchungsmethoden, wie die mikroskopische Schätzung der Infusorien, die bakteriologische Untersuchung und die Messung der Gasbildung bei der Glucosevergärung geben genaueren Aufschluß, müssen aber im Labor durchgeführt werden.

Die Pansensaftdiagnostik wurde in den folgenden 20 Jahren weiter verbessert. Zum Nachweis von Hyperaziditätszuständen des Vormageninhaltes führten SLANINA und ROSSOW (1964) (neben der pH-Messung) die Bestimmung der Gesamtazidität (=titrierbare Azidität) ein.

Untersuchungen von STÖBER (1973), ELIZONDO (1975), BREUKINK und KUIPER (1976) bei Rindern ergaben, daß eine Übersäuerung des Panseninhaltes nicht nur durch übermäßige Aufnahme von leichtverdaulichen Kohlenhydraten, sondern auch durch Rückfluß von Salzsäure-haltigem Labmageninhalt entstehen kann. Ein solcher abomasaler Reflux tritt bei verschiedenen Krankheiten auf, welche die Labmagen-Darmpassage des Ingestabreies behindern. Als Folge davon kommt es in den beiden ersten Vormägen zu einem Anstieg der Chloridkonzentration und der Gesamtazidität, zur Verminderung der Pufferkapazität und in extremen Fällen zur pH-Wert-Senkung (ELIZONDO, 1975; KUIPER, 1980; DIRKSEN, 1981).

Die bisher in der klinischen Pansensaftuntersuchung angewendeten Methoden zur Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes haben den Nachteil, daß sie mit einem gewissen zeitlichen und labortechnischen Aufwand verbunden sind und deshalb unter Praxisverhältnissen nicht so leicht durchgeführt werden können. Von Herrn Professor Dr. Dr. h.c. G. DIRKSEN wurde mir deshalb die Aufgabe gestellt, folgende einfache Methoden unter verschiedenen Bedingungen (in vitro, Fütterungsversuche, Untersuchung klinisch kranker Rinder) und durch Vergleich mit Referenzverfahren auf ihre Brauchbarkeit in der klinischen Pansensaftuntersuchung zu prüfen:

1) Messung der Gasbildung bei der Glucosevergärung mit einer geeigneten Spritze im Vergleich zum Gärungssaccharometer.

2) Bestimmung der Gesamtazidität mit dem Visocolor(R)-Testkit Acidität AC 7 im Vergleich zur Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW (1964).

3) Bestimmung des Chloridgehaltes mit dem Visocolor(R)-Testkit Chlorid CL 500 im Vergleich zum Chloridmeter (Coulometrische Titration).

4) Bestimmung der Pufferkapazität mit einer möglichst einfachen Methode im Vergleich zu der von KUIPER (1980) angewendeten Technik.

LITERATURÜBERSICHT

Bisherige Anwendung der Glucosevergärung in der klinischen Pansensaftuntersuchung

Bekanntlich werden die von den Wiederkäuern aufgenommenen Kohlenhydrate schon im Hauben-Pansenraum von der hier beheimateten Mikroflora zu flüchtigen Fettsäuren vergoren, welche nach ihrer Resorption aus dem Pansen die Hauptenergielieferanten des Wiederkäuers sind. Bei der bakteriellen Fermentation der Kohlenhydrate werden neben den flüchtigen Fettsäuren auch große Mengen an Gas (im wesentlichen CO_2 und CH_4) im Pansen gebildet.

QUIN (1943) führte im Rahmen seiner Untersuchungen über die Fermentation in den Vormägen von Schafen eine in-vitro-Methode ein, mit der die Fähigkeit der Vormagenflora zum Abbau von Glucose indirekt anhand der damit verbundenen Gasbildung gemessen wurde. Er inkubierte 1 ml einer 20 %igen Glucoselösung mit 50 ml frischem und grob geseihtem Pansensaft in einem gasdicht verschlossenen Erlenmeyer-Kolben, der in einem Wasserbad von 39°C aufbewahrt wurde. Der Innenraum des Kolbens war über einen gasdichten Schlauch mit einem Wassermanometer verbunden. 10, 20 und 30 Minuten nach der Inkubation wurde die gebildete Gasmenge am Manometer direkt abgelesen. Je nach Aktivität der Vormagenverdauung entwickelte sich mehr oder weniger Gas.

HOLTENIUS und Mitarb. stellten dann 1959 eine vereinfachte Methode der Glucosevergärung vor, die bis heute in der klinischen Pansensaftuntersuchung bei Rind und

Schaf Anwendung findet: 10 ml frisch entnommener und durch Gaze geseihter Pansensaft werden mit 0,5 ml einer 16 %igen Glucoselösung vermischt und in einem Gärungssaccharometer bei 39°C im Brutschrank aufbewahrt. Die Ablesung der gebildeten Gasmenge erfolgt nach 30 und nach 60 Minuten.

Normalerweise entstehen 1 bis 2 ml Gas pro Stunde. Bei mikrobieller Inaktivität und bei Milchsäure-Azidose des Hauben-Panseninhaltes entwickelt sich nur wenig oder gar kein Gas, bei schaumiger Gärung dagegen wesentlich mehr und meist unter auffallender Schaumbildung (HOLTENIUS und Mitarb., 1959; DIRKSEN, 1965, 1977).

WOLF (1964) fand bei der Glucosevergärung mit aktivem Pansensaft von Rindern während der Stallfütterungsperiode eine mittlere Gasbildung von 1,25 ml/Std. (50 Proben) und zur Zeit der Weidefütterung eine solche von 0,95 ml/Std. (18 Proben).

ELIZONDO (1975) führte die Glucosevergärung mit Pansensaft von gesunden und kranken Rindern durch und ermittelte für die Gasbildung dabei folgende Werte (in ml Gas/Std.):

	$\bar{x}$	$(x_{min} - x_{max})$
20 gesunde Rinder bei Stallfütterung	1,09	(0,4 - 2,1)
20 gesunde Rinder bei Weidefütterung	1,00	(0,9 - 1,1)
11 Rinder mit Milchsäure-Azidose des Vormageninhaltes	0,60	(0,0 - 1,9)
49 Rinder mit Salzsäure-Azidose des Vormageninhaltes	0,55	(0,0 - 2,4)

Wenn die Durchführung der Glucosevergärung nicht sofort nach der Pansensaftentnahme erfolgt, muß, in Abhängigkeit von der Aufbewahrungszeit und -temperatur des Pansensaftes, mit einer geringeren Gasbildung gerechnet werden. Wird die Pansensaftprobe bei +39°C oder bei +20°C bis +22°C aufbewahrt, besteht bis zu 3 Stunden noch sehr gute Aktivität,und erst nach 9 Stunden ist ein merklicher Abfall der Aktivität eingetreten. Bei einer Aufbewahrungstemperatur von ±0°C oder -10°C kommt es schon nach 3 Stunden zu einer merklichen Verringerung der ursprünglichen Gasbildung. Nach 24 Stunden Aufbewahrungszeit hat der Pansensaft bei allen oben genannten Temperaturen seine Gärfähigkeit eingebüßt (DIRKSEN und WOLF, 1963).

Während die Glucosevergärung in erster Linie einen Anhalt über die Aktivität der Glucose-vergärenden Pansenflora gibt (QUIN, 1943; HOLTENIUS und Mitarb., 1959), kann mit der von DIRKSEN 1969 in die Pansensaftdiagnostik eingeführten Methylenblauprobe die Aktivität der mikrobiellen Vormagenverdauung insgesamt grob abgeschätzt werden: Die Entfärbung (=Reduktion) von 1 ml einer 0,03 %igen Methylenblaulösung in 20 ml körperwarmem Pansensaft dauert bei hochaktiver Digestion bis zu 3 Minuten, bei mäßiger Aktivität, z.B. reiner Heufütterung bis zu 6 Minuten; bei Inaktivität oder Azidose des Vormageninhaltes werden noch längere Reduktionszeiten gemessen (DIRKSEN, 1977).

RAKOW (1975) und WENZEL (1977) untersuchten an Pansensaftproben von Rindern und Schafen mit unterschiedlicher Aktivität des Vormageninhaltes, welche Bezie-

hungen zwischen der bei der Glucosevergärung gebildeten Gasmenge und der Reduktionszeit von Methylenblau bestehen.

RAKOW fand bei 115, WENZEL bei 406 Pansensaftproben von klinisch gesunden Rindern, daß im Durchschnitt mit steigenden Entfärbezeiten für Methylenblau weniger Gas gebildet wird. Die Gasbildung wies allerdings bei beiden Autoren eine große Schwankungsbreite auf, so daß nur von einer gewissen Grundtendenz gesprochen werden kann. So mußten Proben nach der Gasbildung als inaktiv beurteilt werden, die nach der Methylenblauprobe als hochaktiv zu beurteilen waren.

Auch bei Inaktivierung der Vormagenflora durch Strohfütterung bei Rind und Schaf ermittelten RAKOW und WENZEL einen grundsätzlich gleichsinnigen Verlauf zwischen dem Ausfall der Glucosevergärung und der Methylenblauprobe.

WENZEL wertete insgesamt 652 Pansensaftproben mit verschiedenen Aktivitätsgraden des Vormageninhaltes aus. Dabei bezeichneten bei der Glucosegärprobe nur 44,1 % der Proben die gleiche Aktivitätsstufe des Pansensaftes wie die Methylenblauprobe. Somit konnte aus dem Ausfall der Methylenblauprobe die Gasbildung bei der Glucosevergärung nicht mit genügender Sicherheit abgeschätzt werden.

Messung der Gasbildung bei der Vergärung von Futtermitteln mit Pansensaft im Hohenheimer Futterwerttest (HFT)

Seit Jahren wird an der Entwicklung von in-vitro-Methoden zur Bestimmung der Verdaulichkeit und des energetischen Futterwertes von Futtermitteln für Wiederkäuer gearbeitet, die die zeit- und kostenaufwendigen Verdauungsversuche an Rindern und Schafen ergänzen sollen. MENKE und Mitarb. (1979a,b) stellten ein in-vitro-Verfahren, den sogenannten Hohenheimer Futterwerttest, vor, bei dem nach Inkubation der zu prüfenden Futterprobe mit Pansensaft die gebildete Gasmenge gemessen wird.

Für eine große Zahl verschiedener Rationen und Futtermittel wurden Verdauungsversuche mit Schafen zur Bestimmung der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der umsetzbaren Energie im Vergleich zur Gasbildung beim HFT durchgeführt. Die Beziehungen zwischen den in vivo (Verdauungsversuche) und in vitro (Gasbildung im HFT) gemessenen Werten sind in Regressionsanalysen nach verschiedenen Modellen geprüft worden: Die bei der Vergärung von 200 mg Futter-Trockensubstanz mit Pansensaft in 24 Stunden gebildete Gasmenge wies eine gute Korrelation zur Verdaulichkeit der organischen Substanz dieses Futtermittels auf, die in Verdauungsversuchen mit Schafen ermittelt wurde. Der auf Grund des in-vitro-Testes geschätzte Wert für die Verdaulichkeit der organischen Substanz konnte noch verbessert werden, wenn neben der Gasbildung die Gehalte an Rohprotein und Rohfett als weitere Parameter in die Regression einbezogen wurden. Auch der Gehalt an umsetzbarer Energie

in den Futtermitteln konnte mit einer multiplen Regressionsgleichung aus Gasbildung, Rohprotein und Rohfettgehalt sehr gut geschätzt werden (MENKE und Mitarb., 1979a.b; STEINGASS und MENKE, 1980; SCHÖNER, 1981).

Als Inkubationsgefäß für die Vergärung der Futterproben mit Pansensaft verwendeten die oben genannten Autoren graduierte Präzisions-Ganzglasspritzen (auch als Kolbenprober bekannt) mit einem Meßvolumen von 100 ml und einer Ablesegenauigkeit von 0,5 ml. An dem einen Ende waren die Spritzen durch den beweglichen Kolben verschlossen, der mit etwas Vaseline eingefettet wurde, um den Reibungswiderstand möglichst gering zu halten. Am anderen Ende, am sogenannten Kapillaransatz der Spritzen, wurde ein etwa 4 cm langer Silikonschlauch aufgesteckt, der durch eine Plastikklemme gas- und wasserdicht verschlossen werden konnte.

Zunächst wurden je 200 mg Trockensubstanz des gemahlenen oder grob zerkleinerten Futters auf dem Boden der Spritzenzylinder eingewogen und die eingefetteten Kolben aufgesetzt. Der benötigte Pansensaft wurde den Spendertieren (Schafe oder Kühe) noch vor der Morgenfütterung via Pansenfistel entnommen. Anschließend wurde ein Teil grob geseihter Pansensaft mit zwei Teilen Mineralsalz- und Pufferlösung vermischt, das Gemisch mit einem Magnetrührer homogenisiert und im Wasserbad bei 39°C aufbewahrt. Je 30 ml des Gemisches wurden dann mit Hilfe einer halbautomatischen Pipette in die in einem Brutschrank auf 39°C vorgewärmten Spritzen über den Silikonschlauch abpipettiert. In jeder abgefüllten Spritze wurden dann die Luftblasen

entfernt, der Silikonschlauch mit einer Plastikklemme verschlossen, und die Stellung des Kolbens abgelesen und notiert.

Anschließend erfolgte die 24-stündige Vergärung der Proben bei 39 $\pm$ 0,5°C in einem Brutschrank mit Umluftlüftung, in dem ein Rotor untergebracht war, auf dem bis zu 60 Spritzen in horizontaler Lage Platz fanden. Der Rotor drehte sich während der Fermentation mit ca. 1 U/Min., wodurch eine kontinuierliche Durchmischung des Pansensaftes erreicht wurde. 8 Stunden nach Beginn der Vergärung wurde die Stellung der Kolben wieder abgelesen. Wenn die gebildete Gasmenge mehr als 60 ml betrug, wurde die Klemme am Silikonschlauch geöffnet und der Kolben auf die 30-ml-Marke zurückgeschoben. Die endgültige Ablesung der Gasbildung erfolgte 24 Stunden nach Beginn der Inkubation.

Nach den Erfahrungen von SCHÖNER (1981) ist eine genaue Temperaturregulation des Brutschrankes während der Inkubation sehr wichtig. Während die kurzfristige Abkühlung der Spritzen keinen großen Einfluß ausübte, hatte die Überhitzung eine Verminderung der Mikroorganismenaktivität und somit auch eine erhebliche Verringerung der Gasbildung zur Folge.

Im Hinblick auf die Homogenität des Futters erschien eine Einwaage von 200 mg Futter-Trockensubstanz wenig. Dieser Nachteil wurde durch eine größere Anzahl von Wiederholungsmessungen ausgeglichen. Normalerweise wurden pro Futtermittel 2 Ansätze an verschiedenen Tagen mit je 3 Parallelen untersucht.

Um eine ausgeglichene zellulolytische und amylolytische Aktiviät des Pansensaftes sicherzustellen, erhielten die Spendertiere eine gleichbleibende Ration aus 50 % Heu und 50 % Kraftfutter. Da der Pansensaft dennoch von Tag zu Tag und von Spendertier zu Spendertier in Zusammensetzung und Aktiviät Veränderungen aufweist, wurden bei jedem Probenansatz drei parallele Messungen mitgeführt:

1. Inkubation ausschließlich des Pansensaft-Puffergemisches ohne Futterzusatz
2. Inkubation eines Heu-Standardfutters (Kontrolle der zellulolytischen Aktivität des Pansensaftes)
3. Inkubation eines Standard-Heu-Stärkegemisches (Kontrolle der amylolytischen Aktivität des Pansensaftes)

Der in jedem Probenansatz gemessene Gasbildungswert wurde

1. durch Abzug des Blindwertes (Gasbildung des Pansensaft-Puffergemisches ohne Futterzusatz),
2. durch Multiplikation mit einem Korrekturfaktor, der sich aus den Messungen mit den zwei Standard-Futtermitteln ergab,

berichtigt (MENKE und Mitarb., 1979a,b; STEINGASS und MENKE, 1980; SCHÖNER, 1981).

Methoden zur Bestimmung der Pufferkapazität im Pansensaft von Rind und Schaf

In den Vormägen der Wiederkäuer ist ein starkes Puffersystem erforderlich, um pH-Schwankungen zu mildern und entsprechend der Zusammensetzung der Nahrung denjenigen pH-Wert einzustellen sowie aufrechtzuerhalten, der für den Abbau des jeweiligen Futters der günstigste ist (KAUFMANN, 1972). Das pH-Milieu wirkt sich nicht nur auf Keimgehalt, Keimarten und Konzentration an einzelenen Säuren in den Vormägen aus, sondern beeinflußt auch die Futteraufnahme (ORTH und KAUFMANN, 1966; KAUFMANN und HAGEMEISTER, 1969).

Die Pufferkapazität gibt die quantitative Leistungsfähigkeit eines Puffersystems an (LÖFFLER und Mitarb., 1979). Sie wird als Quotient aus der zugefügten Normalsäure (oder Normalbase) in Äquivalenten pro Liter und der dabei auftretenden pH-Änderung definiert (KAUFMANN und HAGEMEISTER, 1969).

Untersuchungen von TURNER und HODGETTS (1955b), KAUFMANN und HAGEMEISTER (1969) sowie EMMANUEL und Mitarb. (1969) über das Puffersystem in den Vormägen von Rindern und Schafen zeigen, daß die Pufferkapazität des Pansensaftes stark pH-abhängig ist: Im pH-Bereich über 6 puffern vorwiegend Bikarbonate und Phosphate, im darunterliegenden pH-Bereich dagegen vor allem die Salze der flüchtigen Fettsäuren.

Bei der Messung der Pufferkapazität im Pansensaft muß beachtet werden, daß die Vormagenflüssigkeit eine mehr oder weniger hohe Konzentration an CO_2 aufweist, deren

Höhe von der Menge und Zusammensetzung des aufgenommenen Futters, dem pH-Wert des Panseninhaltes, dem intraruminalen CO_2-Partialdruck und der Methode der Pansensaftgewinnung abhängig ist (EMMANUEL und Mitarb., 1969).

Nach TURNER und HODGETTS (1955a) kann der CO_2-Partialdruck in der Vormagenflüssigkeit mehr als zehnmal so hoch sein wie der des arteriellen Blutes. Sobald der Pansensaft bei der Probengewinnung mit Luft in Berührung kommt, entweicht CO_2 und damit nimmt auch die Bikarbonatkonzentration sowie die davon abhängige Pufferkapazität in der Pansensaftprobe ab und der pH-Wert der Probe zu.

Verschiedene Methoden sind bisher in der wissenschaftlichen Literatur zur Bestimmung der Pufferkapazität im Pansensaft von Rind und Schaf beschrieben worden (TURNER und HODGETTS, 1955b; KAUFMANN und HAGEMEISTER, 1969; EMMANUEL und Mitarb., 1969; BREUKINK und KUIPER, 1976). Auch wurde die Pufferkapazität nicht immer in der gleichen Dimension ausgedrückt, so daß die Ergebnisse dieser Messungen nur schwer miteinander verglichen werden können. Alle Autoren weisen jedoch auf die Wichtigkeit hin, den CO_2-Verlust der Pansensaftprobe für die Messung der Pufferkapazität möglichst gering zu halten.

TURNER und HODGETTS (1955b) zweigten von frisch entnommenem Pansensaft zwei Portionen ab und äquilibrierten diese mit einem geeigneten Gasgemisch aus CO_2 und N_2, um den CO_2-Verlust des Vormageninhaltes

wieder auszugleichen. Unmittelbar danach titrierten sie die eine Portion mit 1 n HCl bis zum pH 3 und die andere Portion mit 1 n KOH bis zum pH 9; die pH-Messung erfolgte dabei mit der Glaselektrode. Mit den gefundenen Daten wurden Titrationskurven aufgestellt (pH-Werte auf der Ordinate, Basen- bzw. Säurenverbrauch auf der Abszisse), und die absoluten Pufferwerte ß für jeden gewünschten pH-Wert nach der von VAN SLYKE (1922) angegebenen Formel berechnet:

$$\text{Pufferwert } ß = \frac{dB}{dpH},$$

wobei gilt: B = zugefügte Menge an Normalsäure bzw. Normalbase in Äquivalenten/l Pansensaft

Weiterhin wurde aus den Titrationskurven auch die Menge an zugefügter Normalsäure bzw. Normalbase in Äquivalenten pro Liter Pansensaft bestimmt, die notwendig war, um den ursprünglichen pH-Wert des Pansensaftes auf pH 4 zu erniedrigen bzw. auf pH 8 zu erhöhen. Aus den Titrationskurven konnte abgelesen werden, daß die Pansensäfte gegenüber Säure wesentlich besser gepuffert waren als bei Zugabe von Base.

KAUFMANN und HAGEMEISTER (1969) zentrifugierten den Pansensaft sofort nach seiner Gewinnung, um im Überstand pH-Wert und Pufferkapazität zu messen. Die pH-Messung erfolgte mit der Glaselektrode. Zur Herstellung standardisierter Bedingungen wurden die Proben

mit einem Gasgemisch aus 40 % CO_2 und 60 % N_2 äquilibriert. Die Messung der Pufferkapazität erfolgte mit einer automatischen Titrationsanlage, die die Änderung des pH-Wertes bei Zugabe von 1 n Essigsäure aufzeichnete. Der CO_2-Partialdruck der Proben wurde während des Titrationsvorganges durch die oben angegebene Äquilibrierung konstant gehalten. Die Pufferkapazität wurde als Quotient aus der zugefügten Normalsäure (in mmol/l Pansensaft) und der dabei auftretenden pH-Änderung angegeben.

EMMANUEL und Mitarb. (1969) konnten den CO_2-Verlust der Pansensaftprobe dadurch gering halten, daß sie den Vormageninhalt direkt in ein 250-ml-Zentrifugenglas absaugten, welches 10 ml einer Mischung aus flüssigem Paraffin und Leichtpetroleum (im Volumenverhältnis 4:1) enthielt. Die Paraffin-Leichtpetroleum-Mischung setzte sich dabei sofort über der Pansensaftprobe ab und verhinderte dadurch, daß CO_2 entweichen konnte. Für die Messung der Pufferkapazität wurden zwei Portionen mit je 2 ml der mit Paraffin überschichteten Pansensaftprobe bereitgestellt. Eine Portion wurde mit 0,5 n NaOH bis zum pH 8 titriert. Für die Titrationen wurde eine automatische Titrieranlage (Radiometer, Copenhagen) verwendet, welche die Titrationskurven automatisch aufzeichnete. Die Pufferkapazität wurde als die Menge an zugefügter Normalsäure und Normalbase (meq/l Pansensaft) angegeben, die in der Pansensaftprobe eine pH-Änderung von 2,0 bewirkte.

BREUKINK und KUIPER (1976) sowie KUIPER (1980) bestimmten die Pufferkapazität im Pansensaft von kli-

nisch kranken Rindern, bei denen Verdacht auf Rückfluß von Salzsäure-haltigem Labmagensaft in die Vormägen bestand. Der Pansensaft wurde bei der Entnahme in ein 50-ml-Zentrifugenglas abgesaugt, das 5 ml flüssiges Paraffin enthielt. Anschließend wurde der pH-Wert und die Pufferkapazität der unter Paraffin abgeschlossenen Pansensaftprobe bestimmt. Die pH-Messung erfolgte mit einem pH-Meter. Dann wurde die Probe 10 Minuten lang bei 3000 U/Min. zentrifugiert und 5 ml Überstand mit 0,1 n HCl bis zum pH 4, gemessen mit dem pH-Meter, titriert. Die Pufferkapazität ergab sich aus der verbrauchten Menge an Normalsäure in Milliäquivalenten pro Liter Pansensaft. Normalerweise beträgt die Pufferkapazität im Pansensaft von Rind und Schaf 80 bis 110 meq/l.

BREUKINK und KUIPER (1976) folgerten aus Studien an Schafen mit künstlichem Verschluß des Pylorus und aus den Untersuchungen bei Rindern mit verschiedenen Magen-Darmkrankheiten, daß ein Rückfluß von Salzsäure-haltigem Labmageninhalt in die Vormägen eingetreten ist, wenn die Chloridkonzentration im Pansensaft auf über 20 meq/l angestiegen und gleichzeitig die Pufferkapazität auf Werte unter 80 meq/l abgefallen ist.

Bestimmung der Gesamtazidität im Pansensaft und bislang vorliegende Meßergebnisse beim Rind

Zur Erkennung der mikrobiell-biochemischen Indigestionen, die mit Hyperazidität einhergehen, führten SLANINA und ROSSOW (1964) neben der pH-Messung die Bestimmung der Gesamtazidität in die klinische Pansen-

saftuntersuchung ein: 10 ml Pansensaft werden mit 1 bis 2 Tropfen Phenolphthalein versetzt und mit 0,1 n NaOH bis zum Auftreten eines fleischfarbenen Farbumschlages titriert. Die dabei verbrauchte, in Millilitern gemessene NaOH-Menge ergibt durch Multiplikation mit dem Faktor 10 die Gesamtazidität (=titrierbare Azidität) in klinischen Einheiten bzw. mmol/l.

Während mit der pH-Messung bekanntlich nur die Konzentration der freien Wasserstoffionen einer Lösung bestimmt wird, werden durch Titration mit 0,1 n NaOH bis zum Farbumschlag von Phenolphthalein (bei pH 8,3) alle in einer Lösung vorliegenden organischen und anorganischen Säuren erfaßt (HALLMANN, 1966).

Die Bestimmung der Gesamtazidität sollte wie die pH-Messung des Pansensaftes möglichst bald nach der Probengewinnung erfolgen, um Veränderungen der Azidität, wie sie von TURNER und HODGETTS (1955a) sowie DIRKSEN und WOLF (1963) beschrieben sind, zu vermeiden.

Normalerweise beträgt die Gesamtazidität im Pansensaft vom Rind 8 bis 25 mmol/l (SLANINA und ROSSOW, 1964; DIRKSEN, 1977).

ELIZONDO (1975) ermittelte im Pansensaft von klinisch gesunden und kranken Rindern folgende Gesamtaziditätswerte in mmol/l:

	$\bar{x}$	$(x_{min} - x_{max})$
20 klinisch gesunde Rinder	20,2	(11 - 26)
49 Rinder mit Salzsäure-Azidose des Vormageninhaltes	23,3	(13 - 42)
11 Rinder mit Milchsäure-Azidose des Vormageninhaltes	34,1	(11 - 69)

Wie bei der Beurteilung des gemessenen pH-Wertes ist auch bei der Interpretation des ermittelten Gesamtaziditätswertes zu berücksichtigen, daß die Azidität des Vormageninhaltes sowohl vom Zeitpunkt der letzten Fütterung als auch von der Zusammensetzung der verabreichten Ration abhängig ist. Nach jeder Futteraufnahme tritt in der darauf folgenden Phase intensiver bakterieller Fermentation (Fettsäurenbildung) eine Erhöhung der Azidität ein, die nach etwa zwei bis drei Stunden ihren Höhepunkt erreicht. Dabei steigt die Azidität bei einer Kraftfutter-reichen Ration stärker an als bei einer Ration mit einem hohen Rauhfutteranteil. In Abhängigkeit von der Art und Menge des Futters nimmt die Azidität bis kurz vor der nächsten Fütterung dann wieder ab, und nach Fastenpausen von etwa 24 Stunden werden nur noch niedere Aziditätswerte gemessen. Aufgrund dieser tageszeitlichen Schwankungen der Azidität des Vormageninhaltes beziehen sich die in der wissenschaftlichen Literatur angegebenen Gesamtaziditäts- und pH-Werte im allgemeinen auf die zwei bis drei Stunden nach der Futteraufnahme ermittelten Werte (KAUFMANN, 1972; DIRKSEN, 1981).

Methoden zur Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaft und bislang vorliegenden Meßergebnisse beim Rind

Von den zahlreichen Verfahren, die bisher zur Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaft vom Rind angewandt worden sind, sollen im Rahmen dieser Arbeit nur die heute gebräuchlichsten und genauesten drei Methoden näher beschrieben werden:

Coulometrische Titration:

Vier Silberelektroden, von denen zwei dem Generatorkreis und zwei dem Indikatorkreis angehören, tauchen in ein mit einer bestimmten Menge einer sauren Elektrolytlösung, einer Gelatinelösung und der chloridhaltigen Probe gefülltes Becherglas. Bei Beginn der Titrtion fließt im Generatorkreis ein konstanter Strom, durch den an den Generator-Elektroden anodisch Silberionen freigesetzt werden. Die Silberionen verbinden sich mit den in der Probe vorhandenen Chloridionen zu wasserunlöslichem Silberchlorid. Erst wenn keine Chloridionen mehr vorliegen, bleiben Silberionen in der wässrigen Lösung. Im Indikatorkreis fließt ein geringer Strom, solange keine Silberionen in der Lösung vorhanden sind. Nach Erreichung des Titrationsendpunktes - wenn die erzeugten Silberionen mit allen vorhandenen Chloridionen reagiert haben -, führt der erste Überschuß an Silberionen zu einer Zunahme des amperometrischen Stromes im Indikatorkreis. Dadurch wird ein Relais betätigt, das die Spannung des Generatorkreises abschaltet. Der Chloridgehalt der Probe ist dem Produkt aus der Stromstärke des Generator-

stroms und der Zeit, während der dieser Strom fließt, äquivalent. Da bei konstanter und bekannter Generatorstromstärke gearbeitet wird, erfolgt die Bestimmung der Chloridkonzentration über die Messung der Fließzeit des Generatorstroms (COTLOVE und Mitarb., 1958; RICK, 1977; KELLER, 1978).

Geräte, die nach dem coulometrischen Titrationsprinzip arbeiten, sind z.B. das Chloridmeter (Fa. Eppendorf, Fa. Corning etc.) und der Chlor-o-counter Marius (Fa. Kipp und Zonen, Kronberg/Taunus).

Potentiometrisches Verfahren:

Eine Lösung, die Chloridionen in verdünnter Essigsäure enthält, zeigt ein positives Potential gegenüber einer Silberelektrode. Als Bezugselektrode dient eine Kaliumsulfat-Elektrode. Die Chloridionen werden mit 0,01 n Silbernitratlösung als Silberchlorid ausgefällt, so daß das Potential geringer wird. Der Endpunkt der Titration ist bei einem Potential von + 100 mV (=maximale Potentialänderung) erreicht. Am einfachsten läßt sich die Titration ausführen, wenn ein mV-Meßgerät benutzt wird, das gleichzeitig als Regelgerät ausgelegt ist und die Zugabe der Titrationsflüssigkeit steuert (RICK, 1977).

Mercurimetrische Titration:

Die chloridhaltige Probe wird in salpetersaurer Lösung mit Quecksilber(II)-nitrat (=Mercurinitrat) titriert. Die Quecksilber(II)-Ionen verbinden sich dabei mit den Chloridionen zu praktisch undissoziiertem Sub-

limat ($HgCl_2$). Sobald alle Chloridionen in Sublimat umgesetzt sind, bilden überschüssige Quecksilber(II)-Ionen mit Diphenylcarbazon als Indikator eine violett gefärbte Komplexverbindung (LANG, 1937; SCHALES und SCHALES, 1941).

Die genannten Methoden können auch zur Bestimmung des Chloridgehaltes in anderen Körperflüssigkeiten (z.B. Serum, Harn, Liquor cerebrospinalis, Schweiß etc.) eingesetzt werden. Coulometrie (COTLOVE, 1961; LANGE und BORNER, 1972) und Potentiometrie (SELIGSON und Mitarb., 1958) ergeben bei der Bestimmung der Chloridionenkonzentration im Serum und anderen biologischen Flüssigkeiten die genauesten Resultate; sie setzen jedoch die Anschaffung besonderer Geräte voraus. Als einfache und zuverlässige Methode für die Chloridbestimmung in Körperflüssigkeiten hat sich auch die mercurimetrische Titration erwiesen (SCHALES, 1953; COLOMBO, 1978), deren Anwendungsmöglichkeiten aber wegen des relativ hohen Arbeitsaufwandes für die einzelne Probe begrenzt sind (MAHNER und Mitarb., 1973), und die deshalb vor allem für Labors mit geringem Probenumfang empfohlen werden kann.

Mit den drei oben beschriebenen Verfahren werden auch Bromid- und Jodidionen erfaßt. Da diese Ionen im Pansensaft normalerweise nur in Konzentrationen vorkommen, die mehrere Größenordnungen niedriger sind als die hier vorliegende Chloridkonzentration, sind die angegebenen Methoden für die Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaft ausreichend spezifisch.

Weitere Nachweismethoden, die bisher für die Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaft vom Rind Anwendung gefunden haben, sind die iodometrische Titration nach SENDROY (1937a) in der Modifikation von VAN SLYKE und HILLER (1947) sowie die photometrischen Bestimmungen mit Silberjodat (SENDROY, 1937b) und mit Mercuri-2,4,6-tri-(2-pyridyl)-S-triazin (FRIED und Mitarb., 1972). Die oben genannte iodometrische Titration ist im Vergleich zur mercurimetrischen Titration mit einem größeren Material- und Zeitaufwand verbunden und wird deshalb heute nur noch selten für die Bestimmung des Chloridgehaltes in Körperflüssigkeiten eingesetzt. Photometrische Methoden sind für die Bestimmung des Chloridgehaltes in Körperflüssigkeiten weniger geeignet, da sie nicht die Genauigkeit der anderen genannten Methoden erreichen (RICK, 1977). In Tabelle 1 wird eine Übersicht über die bisher im Pansensaft von gesunden erwachsenen Rindern mit verschiedenen Nachweismethoden gemessenen Chloridwerte gegeben.

Der Chloridgehalt im Pansensaft von gesunden erwachsenen Rindern schwankt in Abhängigkeit von der verabreichten Futterration und dem Zeitpunkt der letzten Futteraufnahme zwischen 6 und 34 mmol/l (BAILEY, 1961; POUTIAINEN, 1970; ELIZONDO, 1975; BENNINK und Mitarb., 1978;HAFEZ, 1979). Etwa eine Stunde (BAILEY, 1961; BREUKINK und DE RUYTER, 1977) bis drei Stunden (POUTIAINEN, 1970) nach Fütterungsbeginn ist die Chloridionenkonzentration in der Vormagenflüssigkeit am höchsten und kehrt dann innerhalb von 12 bis 14 Stunden wieder auf den niedrigeren Ruhewert zurück. Versuche von POUTIAINEN (1970, 1971) an zwei mit permanenten Pansenfisteln ausgerüsteten Rindern zeigten,

daß mit dem Futter verabreichte orale NaCl-Zulagen (0, 50, 100g/Tier und Tag) den Chloridgehalt des Pansensaftes kaum beeinflussen; dieser stieg in den ersten drei Stunden nach der Nahrungsaufnahme von durchschnittlich 10 auf 16 mmol/l und fiel dann (vor allem durch Absorption über die Pansenwand, aber auch durch den Weitertransport des Vormageninhaltes in den Psalter und Labmagen) innerhalb von 12 Stunden wieder auf den Ausgangswert ab.

In neueren Untersuchungen an Rindern ist nachgewiesen worden (STÖBER und Mitarb., 1974; ELIZONDO, 1975; BREUKINK und KUIPER, 1976; KUIPER, 1980), daß es bei verschiedenen Krankheiten, welche die Ingestapassage durch den Labmagen hemmen (z.B. funktionelle Pylorusstenose, Dislocatio abomasi sinistra, Dislocatio abomasi dextra, verschiedene Abomasitiden, lokale Peritonitis im Labmagen-Haubenbereich, Ileuszustände im Dünn- und Dickdarmbereich, vordere funktionelle Magenstenose, generalisierte Peritonitiden etc.), zu einem Rückfluß von Salzsäure-haltigem Labmageninhalt in den Pansen hinein kommen kann. Hierbei steigt die Chloridionenkonzentration im Pansensaft auf mehr als 30 (bis 100) mmol/l an.

Die Bestimmung des Chloridgehaltes im Vormageninhalt kann neben anderen Pansensaftbefunden (Farbe, Geruch, pH-Wert, Pufferkapazität, Gesamtazidität, Methylenblaureduktion etc.) wertvolle Hinweise für die Erkennung des abomasalen Reflux sowie für die Unterscheidung von den durch organische Säuren verursachten Hyperaziditätszuständen geben (ELIZONDO, 1975; BREUKINK und KUIPER, 1976; DIRKSEN, 1981).

ELIZONDO (1975) fand auch bei 4 von insgesamt 11 Rindern mit Laktazidose des Vormageninhaltes erhöhte Chloridgehalte im Pansensaft, allerdings erst in einem späteren Krankheitsstadium und nur bis zu Werten von 40 bis 50 mmol/l.

HAFEZ (1979) stellte bei erwachsenen Rindern mit Enteritis verschiedener Ätiologie im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe einen statistisch hochsignifikant erhöhten Pansensaft-Chloridgehalt fest. Er ermittelte folgende durchschnittliche Chloridwerte in mmol/l:

44 gesunde erwachsene Rinder	16,2 ± 3,8 (8,9 - 27,3)
37 Rinder mit alimentär bedingter Enteritits	24,3 ± 7,5 (9,9 - 44,7)
19 Rinder mit bakteriell bedingter Enteritis	24,6 ± 6,7 (12,9 - 42,5)
24 Rinder mit parasitär bedingter Enteritis	27,6 ± 13,0 (11,9 - 69,9)

Tab. 1: Übersicht über die bisher mit verschiedenen Nachweismethoden ermittelten Chloridgehalte (mmol/l) im Pansensaft gesunder erwachsener Rinder, zusammengestellt nach dem Schrifttum

Nachweismethode	Tiermaterial und Fütterung	Chloridgehalt (mmol/l)	Autor
Jodometrische Titration	4 Kühe bei verschiedenen Rationen	7,0 - 32,0	BAILEY (1961)
Potentiometrie	2 Kühe bei verschiedenen Rationen	10,0 - 16,0	POUTIAINEN (1970)
Photometr. Bestimmung mit Mercuri-2,4,6-tri-(2-pyridyl)-S-triazin	20 Rinder bei Stallfütterung	14,4 ± 3,16	ELIZONDO (1975)
	20 Rinder bei Weidefütterung	7,0 ± 5,40	
Coulometrie	4 Kühe vor der Fütterung einer Heu-Ration	11,0 ± 3,4	BREUKINK und DE RUYTER (1977)
	4 Kühe vor der Fütterung einer Heu-Kraftfutter-Ration	11,0 ± 2,5	
Photometr. Bestimmung mit Silberjodat	3 Rinder bei verschiedenen Rationen	6,0 - 34,0	BENNINK und Mitarb. (1978)
Mercurimetrische Titration	4 Kühe	9,4 ± 2,3	VLAMINCK und Mitarb. (1978)
Coulometrie	44 Rinder bei Fütterung von Gras- und Rübenblattsilage sowie Kraftfutter	16,2 ± 3,81 (8,9 - 27,3)	HAFEZ (1979)

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

MATERIAL UND METHODE

Tiermaterial

Für die Durchführung der Pansensaftuntersuchungen standen zwei nicht trächtige, trockenstehende und klinisch gesunde Kühe der Rasse Deutsches Fleckvieh zur Verfügung.
Als Versuchstier V_1 diente eine fünfjährige Kuh mit etwa 480 kg Körpergewicht, als Versuchstier V_2 eine sechsjährige Kuh mit ca. 550 kg KGW. Die Tiere erhielten eine gemischte Ration aus 10 kg Heu, 1 kg Getreideschrot und 1 kg DLG-Milchleistungsfutter III.
Als Versuchstier V_3 wurde ein vierjähriges klinisch gesundes Merinolandschaf männlichen Geschlechts mit ca. 55 kg Körpergewicht verwendet. Die Fütterung des Schafes bestand aus Heu guter Qualität ad libitum.
Alle drei Versuchstiere waren mit einer permanenten Pansenfistel versehen, die durch eine Gummipelotte verschlossen war.

Weiterhin wurden von 30 Patienten der II. Medizinischen Tierklinik der Universität München 37 Pansensaftproben entnommen und untersucht. Dabei handelte es sich um 26 erwachsene weibliche Rinder im Alter von 2 bis 11 Jahren (Rasse: 15 x DFV, 9 x DSB und 2 x DRB) und um 4 männliche Kälber bzw. Jungrinder (4 xDFV), die $2\frac{1}{2}$, 3, 5 bzw. 7 Monate alt waren. Das $2\frac{1}{2}$ Monate alte Kalb erhielt täglich 2 x 3 l Milchaustauscher und zusätzlich Heu, das 3 Monate alte Kalb täglich 1 x 3 l Milchaustauscher, Heu, Getreideschrot und Wasser ad libitum. Alle anderen

Tiere erhielten Rauh- und Kraftfutter in unterschiedlichen Mengen.

Gewinnung und Aufbewahrung des Pansensaftes

Die Pansensaftgewinnung erfolgte bei den drei Versuchstieren immer über die Pansenfistel mit Hilfe eines Messingrohres, das eine Länge von 60 cm und einen Durchmesser von 1 cm hatte. Am distalen Ende befanden sich 10 Löcher, welche die Funktion eines Siebes übernahmen. Am proximalen Ende der Sonde war ein 80 cm langer Plastikschlauch befestigt,der an den gasdichten Verschluß eines 600-ml-Glases führte. In diesem Glas wurde mittels einer Luftpumpe ein Unterdruck erzeugt, durch den der Pansensaft angesaugt wurde. Die Proben wurden immer aus dem gleichen Bereich des ventralen Pansensackes entnommen.

Bei den erwachsenen Rinderpatienten der II. Medizinischen Tierklinik erfolgte die Pansensaftentnahme mit der lenkbaren Schlundsonde nach DIRKSEN (Eisenhut, Basel, Nr. 10730), bei den Kälbern und Jungrindern mit einer entsprechenden kleineren Pansensaftsonde. Bei einem 3 Monate alten Kalb wurde der Pansensaft über die Öffnung des Schraubtrokars nach BUFF mit einem dünnen Plastikschlauch und einer daran angesetzten Glasspritze gewonnen.

Sowohl bei den Versuchstieren als auch bei den Rinderpatienten (mit Ausnahme der beiden Kälber) wurde der Pansensaft zunächst in einem 600-ml-Glas aufgefangen, das etwa 12 ml dünnflüssiges Paraffin (Merck, Nr. 7174) enthielt. Dadurch kann ein CO_2-Verlust des Pan-

sensaftes weitgehend vermieden werden (TURNER und HODGETTS, 1955a; EMMANUEL und Mitarb., 1969; BREUKINK und KUIPER, 1976). Anschließend wurde Pansensaft noch in ein 600-ml-Glas ohne Paraffinzusatz abgesaugt.

Bei den Versuchstieren und einem Teil der Rinderpatienten erfolgte die Untersuchung der Pansensaftproben unmittelbar nach der Entnahme, bei den übrigen Patienten wurden die Proben mit und ohne Paraffinzusatz bis zur Untersuchung im Labor (spätestens 24 Stunden nach der Entnahme) in verschlossenen 100-ml-Plastikfläschchen bei 4 - 5°C im Kühlschrank aufbewahrt. Bei dieser Temperatur sind die Pansensaftproben nach HOFLUND und KARLSSON (1963) bis zu 24 Stunden für diagnostische Zwecke brauchbar. Für die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse müssen jedoch die in der Zwischenzeit abgelaufenen Veränderungen (Aktivitätsverlust, pH-Verschiebung etc.) berücksichtigt werden (DIRKSEN, 1977).

Technik der Pansensaftuntersuchung

Die Pansensaftprobe ohne Paraffinzusatz wurde für die Beurteilung von Farbe, Geruch und Konsistenz sowie für die Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes, diejenige mit Paraffinüberschichtung für die Bestimmung des pH-Wertes und der Pufferkapazität verwendet.Die im Kühlschrank aufbewahrten Pansensaftproben der Rinderpatienten wurden vor der Untersuchung auf Zimmertemperatur (20 -22° C) erwärmt.

Die Farbe wurde nach Durchmischen des Pansensaftes nach folgendem Schema beurteilt: dunkelgrün, olivgrün, helloliv, grauoliv, braunoliv, dunkelbraun, hellbraun, gelbbraun, graubraun,milchiggelb, graugelb, milchiggrau, milchiggrün.

Der Geruch des Vormageninhaltes wurde mit aromatisch, schwach aromatisch, indifferent, fade, fade säuerlich, säuerlich und sauer-stechend angegeben.

Die Konsistenz wurde als viskös, dünn viskös, etwas wässrig und wässrig beschrieben.

Die Bestimmung des pH-Wertes und der Pufferkapazität erfolgte in Anlehnung an die von KUIPER (1980) angegebene Methode (s. S. 13). Allerdings wurden wegen der höheren Meßgenauigkeit nicht 5 ml, sondern 10 ml Pansensaftüberstand für die Titration mit 0,1 n HCl verwendet. Auch erwies es sich als vorteilhafter, die pH-Messung zusammen mit der Pufferkapazitätsmessung erst nach dem Zentrifugieren der Pansensaftprobe durchzuführen:

Von der Pansensaftprobe mit Paraffinüberschichtung wurden 20 ml abgezweigt und 10 Minuten lang bei 3000 U/Min. zentrifugiert. Anschließend wurden mit einer Enzymtestpipette genau 10 ml Pansensaftüberstand entnommen und in einem 25-ml-Meßglas (Fa. Schott) sofort wieder unter eine dünne Paraffinschicht pipettiert.

In dieser Titrationsvorlage wurde der pH-Wert der Probe mit einem Glaselektroden-pH-Meter (Digi 510 der Fa. Wissenschaftlich-Technischen Werkstätten; in einigen Fällen auch Knick Portatest 96) gemessen und dann mit einer 10-ml-Enzymtestpipette nach Durchstechen der Paraffinschicht soviel 0,1 n HCl zugegeben, bis das pH-Meter in der Probe einen pH-Wert von 4,00 anzeigte. Während der Titration wurden mit der Meßelektrode des pH-Meters leichte Rührbewegungen ausgeführt, um eine gleichmäßige Verteilung der Wasserstoffionenkonzentration in der Titrationsvorlage zu erreichen. Die verbrauchten Milliliter HCl ergeben durch Multiplikation mit dem Faktor 10 die Pufferkapazität des Pansensaftes in mmol/l.

Um zu prüfen, ob die oben beschriebene Methodik zur Bestimmung der Pufferkapazität vereinfacht werden kann, wurden vergleichende Pufferkapazitäts-Messungen mit frisch entnommenem Pansensaft vom Schaf (Versuchstier V_3) durchgeführt. Die Pufferkapazität wurde dabei von Pansensaft gemessen, der

1. direkt bei der Entnahme in ein 600-ml-Glas mit Paraffinzusatz abgesaugt worden war (= Referenzmethode),

2. sofort nach der Entnahme in ein 25-ml-Zentrifugenglas mit Paraffinzusatz gefüllt worden war (= Prüfmethode 1),

3. sofort nach der Entnahme in ein 25-ml-Zentrifugenglas ohne Paraffinzusatz gefüllt worden war (= Prüfmethode 2).

Die Glucosevergärung wurde zunächst vergleichend mit verschiedenen Spritzen und dem Gärungssaccharometer

durchgeführt. Mit jeder der Spritzen und mit dem Gärungssaccharometer erfolgten jeweils Doppelbestimmungen der Gasbildung. Als die am besten geeignete Spritze erwies sich sowohl hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse als auch wegen ihrer einfachen Handhabung und praktikablen Größe die graduierte 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" (Fa. Empfenzeder, München) mit einer Ablesegenauigkeit von 0,5 ml (Abb. 1). Aufgrund der feinen Graduierung der Spritze konnte die Gasbildung bis 0,1 ml gut geschätzt werden.

Abb. 1: Schematische Darstellung der 20-ml-Ganzglasspritze "Norm"

Die Spritze ist im geschlossenen Zustand etwa so lang wie das Gärungssaccharometer hoch ist (ca. 12,5 cm). Als Gleitmittel für den Spritzenkolben wurde zunächst weiße Vaseline verwendet. Die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse war jedoch besser, wenn Dimethylpolysiloxan als Gleitmittel benutzt wurde. Das Gleitmittel wurde mit einem Silikon-Instrumentenspray (Densol$^{(R)}$-Spray, Fa. Braun) als hauchdünner Film auf den Kolben der Spritze aufgesprüht.

Nach Abschluß der Vorversuche wurde die Glucosegärprobe folgendermaßen durchgeführt: Zwei 20-ml-Ganzglasspritzen "Norm" (als Kolbengleitmittel wurde das oben genannte Dimethylpolysiloxan verwendet) und zwei Gärungssaccharometer wurden im Brutschrank auf 39°C vorgewärmt. Die bis dahin im Wasserbad ebenfalls bei 39°C aufbewahrte Pansensaftprobe wurde kurz aufgeschüttelt und ein Teil davon durch ein Teesieb geseiht. 50 ml des geseihten Pansensaftes wurden dann mit 2,5 ml einer 16 %igen Glucoselösung gut vermischt. In jede Spritze wurden 10,5 ml dieses Gemisches aufgezogen, anschließend die Luftblasen entfernt und der Luer-Metallkonus der Spritze mit einer passenden Plastikverschlußkappe (Verschluß für die 25-ml-Monovette$^{(R)}$ der Fa. Sarstedt) gas- und wasserdicht verschlossen. Nach Ablesung und Notierung der jeweiligen Kolbenstellung wurde jede Spritze gekennzeichnet und unmittelbar danach im Brutschrank bei 39 $\pm$ 0,5°C aufbewahrt. Daraufhin wurden je 10,5 ml des Pansensaftgemisches in die beiden Gärungssaccharometer gefüllt, auch hier alle Luftblasen entfernt, und die Gärungssaccharometer ebenfalls in den Brutschrank gestellt. Nach 60 Minuten Inkubationszeit erfolgte die Ablesung der in den Spritzen und den Gärungssaccharometern gebildeten Gasmenge.

Gesamtazidität und Chloridgehalt wurden im Pansensaftüberstand gemessen. Etwa 40 ml der Pansensaftprobe ohne Paraffinzusatz wurden dafür 10 Minuten lang bei 3000 U/Min. zentrifugiert.

Die Bestimmung der Gesamtazidität erfolgte vergleichend mit dem Visocolor(R)-Testkit Acidität AC 7 (Fa. Macherey-Nagel/Düren, Nr. 915006) und der bisher in der klinischen Pansensaftuntersuchung verwendeten Methode nach SLANINA und ROSSOW (1964).

Bestimmung der Gesamtazidität mit dem Visocolor(R)-Testkit Acidität AC 7

Bei dem Visocolor(R)-Testkit Acidität AC 7 handelt es sich um einen einfachen Schnelltest zur Bestimmung des Gesamtsäuregehaltes von Wasser. Durch Titration der Wasserprobe mit Natronlauge bis zum Farbumschlag des p-Indikators (pH 8,2) werden alle in der Probe vorliegenden schwachen und starken Säuren erfaßt. Nach einer persönlichen Mitteilung des Herstellers ist Phenolphthalein der Hauptbestandteil des p-Indikators, und die Konzentration der Natronlauge ist dem System (Probenvolumen und Spritzengraduierung) angepaßt, also nicht 0,1 normal.

Der Original-Testkit besteht aus einem kompletten Testbesteck, das zusammen mit der Gebrauchsanweisung in einer handlichen und stabilen Plastikbox (12 x 7 x 5 cm) verpackt ist. Zum Testbesteck gehören:

1 Prüfröhrchen mit 5-ml-Ringmarkierung
1 dünne, graduierte Titrierspritze
(1 Spritzenfüllung = 7 mval/l; 1 Teilstrich = 0,2 mval/l)
2 Tropfspitzen aus Kunststoff
120 ml Titrationslösung TL AC 7
10 ml Indikator p

Passend zum Originaltestkit können Reagenziensatz-Nachfüllpackungen bestellt werden, die nur die Titrationslösung und den Indikator p enthalten.

In ersten Versuchen wurde geprüft, ob eine Vorbehandlung frisch entnommener Pansensaftproben für die Bestimmung der Gesamtazidität mit dem Visocolor(R)-Testkit Acidität AC 7 notwendig ist. Es stellte sich heraus, daß der Testkit nur nach Zentrifugieren der Proben (10 Minuten bei 3000 U/Min.) und anschließender Verdünnung des Überstandes im Verhältnis 1 : 2 mit destilliertem Wasser im Vergleich zur Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW brauchbare Ergebnisse lieferte.

Erst durch die genannte Verdünnung des Überstandes wurde der Farbumschlag des p-Indikators auch bei ungünstiger Eigenfarbe und starker Trübung der Pansenprobe rechtzeitig und deutlich genug sichtbar.

Die Technik für die Bestimmung der Gesamtazidität im Pansensaft mit dem Visocolor(R)-Testkit wurde bewußt einfach gehalten. Zusätzlich zum Testbesteck wurden benötigt:

1 Flasche mit destilliertem Wasser
1 10-ml-Mischzylinder (Fa. Assistent)
2 5-ml-Enzymtestpipetten (Fa. Assistent)
1 weiteres Prüfröhrchen (= Kontrollröhrchen

In den Mischzylinder wurden mit einer Enzymtestpipette 5 ml destilliertes Wasser und 5 ml Pansensaftüberstand pipettiert. Anschließend wurde der Mischzylinder verschlossen, der Inhalt gründlich durchmischt und so die gewünschte Verdünnung des Überstandes hergestellt.

Eines der beiden Prüfröhrchen diente als Titrationsgefäß und wurde deshalb sorgfältig gereinigt, mit destilliertem Wasser nachgespült und getrocknet. In dieses Prüfröhrchen wurden nun mit einer zweiten Enzymtestpipette genau 5 ml der Verdünnung pipettiert. Der tiefste Punkt des Flüssigkeitsmeniskus stimmte damit genau mit der auf dem Prüfröhrchen angegebenen Ringmarkierung überein. Die restlichen 5 ml des verdünnten Überstandes wurden in ein zweites Prüfröhrchen (= Kontrollröhrchen) gegossen und dienten während der Titration als Vergleichsprobe.

Der Probe wurden je nach Trübung 1 - 2 Tropfen p-Indikator zugesetzt und durch Umschwenken des Prüfröhrchens verteilt. Dann wurde die Tropfspitze auf die Titrierspritze aufgesetzt, der Kolben der Spritze ganz niedergedrückt, die Spritze in die Titrationslösung getaucht und durch langsames Hochzie-

hen des Kolbens soviel Titrationslösung in die Spritze aufgezogen, bis die Unterkante der schwarzen Kolbendichtung auf der Spritzenskala mit dem Wert 0 übereinstimmte. Das kleine Luftpolster unter dem Kolben störte dabei die Bestimmung nicht.

Mit der Titrierspritze wurde dann unter leichtem Umschwenken des Prüfröhrchens tropfenweise soviel Titrationslösung zugegeben, bis die Farbe der Probe nach orangerot umschlug. Das Kontrollröhrchen wurde während der Titration zum Vergleich unmittelbar daneben gehalten; außerdem erfolgte die Titration immer über einem hellem Untergrund, um den Farbumschlag rechtzeitig zu erkennen. An der Unterkante der schwarzen Kolbendichtung der Spritze konnte nun der Gesamtsäuregehalt der verdünnten Probe direkt in mval/l abgelesen werden. Durch Multiplikation des abgelesenen Wertes mit dem Faktor 2 ergab sich die Gesamtazidität des Pansensaftes in mval/l (= mmol/l = klinische Einheiten).

Wenn die erste Spritzenfüllung (Werte über 7 mval/l) nicht ausreichte, um in der Titrationsvorlage den Farbumschlag herbeizuführen, wurde die Spritze erneut mit Titrationslösung gefüllt. Die insgesamt verbrauchte Menge an Titrationslösung in mval/l ergab dann wiederum durch Multiplikation mit dem Faktor 2 die Gesamtazidität des Pansensaftes in mval/l. Von jeder Probe wurde nur eine Bestimmung der Gesamtazidität durchgeführt.

Bestimmung der Gesamtazidität nach der Methode von SLANINA und ROSSOW

Genau 10 ml Pansensaftüberstand wurden mit einer entsprechenden Enzymtestpipette in einen 50-ml-Erlenmeyerkolben pipettiert. Etwa die gleiche Menge Überstand wurde in einen zweiten Erlenmeyerkolben gegossen und diente während der Titration als Vergleichsprobe. Die Probe wurde je nach Trübungsgrad mit 3 - 4 Tropfen Phenolphthalein (0,375 %ige alkoholische Lösung) versetzt und dann unter Verwendung einer 1-ml-Meßpipette mit 0,1 n NaOH bis zum Auftreten eines fleischfarbenen Farbumschlages titriert. Auch hier erfolgte die Titration über einem hellen Untergrund, und die Vergleichsprobe wurde während der Titration unmittelbar daneben gehalten, um den Farbumschlag rechtzeitig erkennen zu können. Die verbrauchte, in Millilitern gemessene Menge an NaOH ergab durch Multiplikation mit dem Faktor 10 die Gesamtazidität des Pansensaftes in klinischen Einheiten bzw. mmol/l. Von jeder Probe wurde nur eine Bestimmung der Gesamtazidität durchgeführt.

Die Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaftüberstand erfolgte vergleichend mit dem Visocolor(R)-Testkit Chlorid CL 500 (Fa. Macherey-Nagel/Düren, Nr. 915004) und dem Chloridmeter.

Bestimmung des Chloridgehaltes mit dem Visocolor(R)-Testkit Chlorid CL 500

Bei dem Visocolor(R)-Testkit Chlorid CL 500 handelt es sich um einen einfachen Schnelltest zur Bestim-

mung des Chloridgehaltes von Wasser.

Reaktionsgrundlage des Tests ist die mercurimetrische Titration nach D_1 der Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER, 1979): Der Indikator CL 500 (enthält Diphenylcarbazon und Bromphenolblau in alkoholischer Lösung) ermöglicht mit der beigefügten Salpetersäure das für die Reaktion erforderliche saure pH-Milieu einzuregulieren (Zugabe bis Gelbfärbung). Dann erfolgt die Titration mit Quecksilber(II)-nitrat-Lösung. Die Quecksilber(II)-Ionen verbinden sich dabei mit den Chlorid-Ionen zu praktisch undissoziertem Quecksilber(II)-chlorid. Sobald alle in der Lösung vorhandenen Chlorid-Ionen in Quecksilber(II)-chlorid umgesetzt sind, treten bei weiterer Zugabe von Titrationslösung in der Prüflösung Quecksilber(II)-Ionen auf, die mit Diphenylcarbazon als Indikator einen Farbumschlag von gelb nach violett ergeben (Titrationsendpunkt).

Der Original-Testkit besteht auch hier aus einem kompletten Testbesteck, das zusammen mit einer Gebrauchsanweisung in einer handlichen und stabilen Plastikbox (12 x 7 x 5 cm) verpackt ist. Zum Testbesteck gehören:

1 Prüfröhrchen mit 5-ml-Ringmarkierung
1 dünne, graduierte Titrierspritze
(1 Spritzenfüllung = 500 mg Cl^-/l;
1 Teilstrich = 5 mg Cl^-/l)
2 Tropfspitzen aus Kunststoff
120 ml Titrationslösung TL CL 500
10 ml Indikator CL 500
10 ml 4 %ige Salpetersäure

Passend zum Original-Testkit können Reagenziensatz-Nachfüllpackungen angefordert werden, die nur die Ti-

trationslösung, den Indikator und die 4 % ige Salpetersäure enthalten.

In ersten Versuchen wurde geprüft, ob eine Vorbehandlung frisch entnommener Pansensaftproben für die Bestimmung des Chloridgehaltes mit dem Visocolor(R)-Testkit Chlorid CL 500 notwendig ist . Durch Vergleich der mit dem Testkit erhaltenen Meßergebnisse mit denen, die mit dem Chloridmeter erhalten wurden, konnte festgestellt werden, daß der Visocolor(R)-Testkit nur nach Zentrifugieren der Proben (10 Minuten bei 3000 U/Min.) und anschließender Verdünnung des Überstandes im Verhältnis 1 : 5 mit destilliertem Wasser brauchbare Ergebnisse lieferte.

Die Technik für die Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaftüberstand wurde so einfach wie möglich gehalten. Zusätzlich zum Testbesteck wurden benötigt:

1 Flasche mit destilliertem Wasser
1 10-ml-Mischzylinder (Fa. Assistent)
2 5-ml-Enzymtestpipetten (Fa. Assistent)

In den Mischzylinder wurden mit einer Enzymtestpipette nacheinander 8 ml destilliertes Wasser und 2 ml Pansensaftüberstand pipettiert. Nach Verschließen des Mischzylinders wurde der Inhalt gründlich durchmischt und dadurch die gewünschte Verdünnung des Überstandes hergestellt.

Das Prüfröhrchen wurde vor jeder Titration sorgfältig gereinigt, mit destilliertem Wasser nachgespült und getrocknet. Anschließend wurden mit einer zweiten En-

zymtestpipette genau 5 ml der Verdünnung in das Prüfröhrchen pipettiert. Der tiefste Punkt des Flüssigkeitsmeniskus stimmte damit genau mit der Oberkante der auf dem Prüfröhrchen angegebenen Ringmarkierung überein. Dann wurde 1 Tropfen Indikator CL 500 zugegeben und durch Umschwenken verteilt. Die Probe färbte sich dadurch bläulich. Nun wurde wiederum unter Umschwenken tropfenweise soviel 4 %ige Salpetersäure zugegeben, bis sich die Prüfflüssigkeit gelb färbte (im allgemeinen 3 - 5 Tropfen).

Anschließend wurde die Tropfspitze auf die Titrierspritze aufgesetzt, der Kolben der Spritze ganz niedergedrückt, die Spritze in die Titrationslösung getaucht und durch langsames Hochziehen des Kolbens soviel Titrationslösung in die Spritze aufgezogen, bis die Unterkante der schwarzen Kolbendichtung auf der Spritzenskala mit dem Wert 0 übereinstimmte. Das kleine Luftpolster unter dem Kolben störte die Bestimmung nicht.

Die Titration erfolgte über einem hellen Untergrund. Unter leichtem Umschwenken des Prüfröhrchens wurde mit der Titrierspritze tropfenweise Titrationslösung zugegeben, bis die Farbe der Prüfflüssigkeit von gelb nach hell- bzw. grauviolett umschlug. Der Chloridgehalt der verdünnten Probe konnte nun in mg Cl^-/l direkt an der Unterkante der schwarzen Kolbendichtung der Spritze abgelesen werden. Durch Multiplikation des abgelesenen Wertes mit dem Faktor 0,141 ergab sich der Chloridgehalt des Pansensaftes in mmol/l.

Wenn die erste Spritzenfüllung nicht ausreichte, um in der Titrationsvorlage den Farbumschlag herbeizuführen (Werte über 500 mg Cl^-/l), wurde die Spritze erneut mit Titrationslösung gefüllt. Die insgesamt verbrauchte Menge an Titrationslösung ergab dann wiederum durch Multiplikation mit dem Faktor 0,141 den Chloridgehalt des Pansensaftes in mmol/l. Von jeder Probe wurde nur eine Bestimmung des Chloridgehaltes durchgeführt.

Bestimmung des Chloridgehaltes mit dem Chloridmeter

Als Referenzverfahren für die Bestimmung des Chloridgehaltes wurden zwei Chloridmeter verwendet, die beide nach dem coulometrischen Titrationsprinzip arbeiten (s. S. 19). Von den insgesamt 148 Bestimmungen des Chloridgehaltes in Pansensaftproben erfolgten 46 mit dem Chloridmeter EPPENDORF 6610 und 102 mit dem Chloridmeter CORNING-EEL 920.

Die Durchführung der Chloridbestimmungen erfolgte genau nach der jeweiligen Arbeitsanleitung. Für die Eichung der Geräte wurde eine Chlorid-Standardlösung mit einem Chloridgehalt von 100 mmol/l verwendet. Beim Chloridmeter EPPENDORF 6610 wurden 50 µl, beim Chloridmeter CORNING-EEL 100 µl der Chlorid-Standardlösung bzw. des Pansensaftüberstandes mit einer entsprechenden Kolbenhubpipette (Fa. Eppendorf) in die Meßvorlage pipettiert. Nach Beendigung des Meßvorganges wurde der Chloridgehalt der Probe direkt in mmol/l angegeben. Bei allen Proben wurden Doppelbestimmungen des Chloridgehaltes durchgeführt, so daß die sich daraus ergebenden arithmetischen Mittelwerte zur Versuchsauswertung herangezogen wurden.

Versuchsanordnung

Um die einfachen Methoden zur Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes im Vergleich mit Referenzverfahren unter verschiedenen Bedingungen auf ihre Brauchbarkeit in der klinischen Pansensaftuntersuchung zu prüfen, wurden folgende Versuche durchgeführt:

1. Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes nach der Fütterung von Heu und unterschiedlichen Mengen an Kraftfutter beim Rind (Versuchstier V_1). Bei diesem Versuch, der sich über 10 Tage erstreckte, erhielt das Tier zunächst eine gemischte Ration, bestehend aus 10 kg Heu, 1 kg Haferschrot und 1 kg DLG-Milchleistungsfutter III. Die tägliche Fütterung bestand aus zwei gleich großen Rationen, die um 6 Uhr und um 13 Uhr verabreicht wurden. Nach einer Woche wurde dann die tägliche Heumenge reduziert und steigende Mengen an Haferschrot gefüttert (Ergebnisse s. Tab. 7).
2. Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes nach der Fütterung von Heu und unterschiedlichen Mengen an Haferschrot beim Schaf (Versuchstier V_3). Bei diesem Versuch, der innerhalb von 8 Tagen durchgeführt wurde, erhielt das Schaf Heu und steigende Mengen an Haferschrot (Ergebnisse s. Tab. 8).

3. Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität

und des Chloridgehaltes bei der Erzeugung einer Pansenazidose durch einen hohen Anteil an Haferschrot in der Futterration beim Rind (Versuchstier V_1). Es wurden zwei Versuche im Abstand von 3 Wochen durchgeführt (Ergebnisse s. Tab. 9 und 10).

4. Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes bei Inaktivierung der Vormagenflora durch Strohfütterung beim Schaf (Versuchstier V_3). Auch hier wurden zwei Versuche im Abstand von 3 Wochen durchgeführt (Ergebnisse s. Tab. 11 und 12).

5. Vergleichende Chloridbestimmungen im Pansensaft vom Rind (Versuchstier V_2) nach intraruminaler Verabreichung von Kochsalz. Bei Versuch 1 wurden 175 g, bei Versuch 2 150 g Kochsalz in einem Liter warmem Wasser gelöst und mittels eines Gummischlauches und eines daran angeschlossenen 60 cm langen Messingrohres über die Pansenfistel in den ventralen Pansensack infundiert. In bestimmten Zeitabständen wurde dann der Pansensaft immer aus dem gleichen Bereich des ventralen Pansensackes entnommen (Ergebnisse s. Tab. 13 und 14).

6. Vergleichende Aziditäts- und Chloridbestimmungen bei Senkung des pH-Wertes von aktivem Pansensaft des Schafes (Versuchstier V_3) in vitro mit Hilfe von 0,1 n Salzsäure. Bei den zwei durchgeführten

Versuchen wurde frisch entnommener Pansensaft in 10 Portionen aufgeteilt und der pH-Wert jeder Portion durch Zugabe von 0,1 n HCl um jeweils 0,2 Einheiten gesenkt, so daß bei Versuch 1 Pansensaftportionen mit einem pH-Wert von 6,44 bis 4,66 , bei Versuch 2 solche mit einem pH-Wert von 5,83 bis 4,03 zur Verfügung standen (Ergebnisse s. Tab. 15 und 16).

7. Bestimmung des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes im Pansensaft von klinisch kranken Rindern der II. Medizinischen Tierklinik der Universität München (Ergebnisse s. Tab. 17 - 22).

Statistische Auswertung der Meßergebnisse

Die einfachen Methoden zur Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes wurden mit verschiedenen statistischen Verfahren im Vergleich zu Referenzmethoden auf ihre Brauchbarkeit für die klinische Pansensaftuntersuchung geprüft:

a) Zwischen den mit der jeweiligen Prüfmethode erhaltenen Meßergebnissen und denen, die mit der entsprechenden Referenzmethode ermittelt wurden, wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt, um die Beziehung der beiden Methoden zu prüfen (y = neue Methode; x = Referenzmethode). Der Korrelationskoeffizient r ist hierbei ein Maß für die lineare Abhängigkeit beider Methoden. Er kann Werte zwischen +1 und -1 annehmen; je näher r bei +1 oder -1 liegt, um so intensiver ist der Zusammenhang zwischen der Prüfmethode und der Referenzmethode (STÄHLER, 1977). Die Beziehung beider Methoden wurde zusätzlich in einem Korrelationsdiagramm dargestellt. Bei den Visocolor$^{(R)}$-Tests Acidität AC 7 und Chlorid CL 500 wurde auch die mittlere Abweichung der Meßergebnisse von denen der jeweiligen Referenzmethode bestimmt. Mit dem t-Test wurde geprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen Prüfmethode und Referenzmethode besteht.

b) Um Angaben über die Präzision der Prüf- und Referenzmethoden zu erhalten, wurden jeweils die Variationskoeffizienten (Präzision in der Serie) bestimmt. Der Variationskoeffizient drückt aus, wie

stark die in einer Probe gemessenen Einzelwerte um den Mittelwert streuen; er sollte bei klinisch-chemischen Untersuchungen möglichst unter 5% liegen (COLOMBO, 1978). Die Reproduzierbarkeit der Gasbildung bei der Glucosevergärung mit der Spritze und dem Gärungssaccharometer wurde zusätzlich durch den relativen Fehler von Doppelbestimmungen (RFD) angegeben:

$$RFD\ (\%) = \frac{d}{\frac{1}{2}\ (x_1 + x_2)} \cdot 100$$

x_1, x_2 = Meßwerte der Doppelbestimmungen

d = Betrag der Differenz zwischen x_1 und x_2

Bei dem Vergleich der Pufferkapazitäts-Messungen mit und ohne Paraffinüberschichtung frisch entnommener Pansensaftproben vom Schaf (s. S. 30) wurde die mittlere Abweichung der mit Prüfmethode 1 bzw. 2 ermittelten Pufferkapazitätswerte von denen, die mit der Referenzmethode in Anlehnung an KUIPER (1980) gemessen wurden, errechnet. Mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangsummentest (EHRENGRUBER, 1978) wurde geprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen Prüfmethode 1 bzw. 2 und der Referenzmethode besteht.

ERGEBNISSE

Statistischer Vergleich der bei der Glucosevergärung mit der 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" erhaltenen Gasbildungswerte mit denen, die mit dem Gärungssaccharometer gemessen wurden

An 56 frisch entnommenen Pansensaftproben wurde die Glucosevergärung mit der 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" im Vergleich zum Gärungssaccharometer durchgeführt. Da mit beiden Methoden Doppelbestimmungen der Gasbildung vorgenommen wurden, dienten die sich daraus ergebenden arithmetischen Mittelwerte für den Vergleich der Prüfmethode mit der Referenzmethode (Tab. 7-12).

Korrelationskoeffizient ($r = 0{,}941$) und Regressionsgerade ($y = -0{,}049 + 1{,}524x$) zeigen, daß eine enge Beziehung zwischen beiden Methoden besteht (Abb. 2). Die mit zwei 20-ml-Ganzglasspritzen erhaltenen Gasbildungsmittelwerte sind etwa um den Faktor 1,5 größer als die mit zwei Gärungssaccharometern ermittelten Werte. Dies dürfte damit zusammenhängen, daß beim Gärungssaccharometer ein Teil der gebildeten Gasmenge entweichen kann, während dies bei der gasdicht verschlossenen Spritze nicht der Fall ist.

Um Angaben über die Reproduzierbarkeit der Gasbildung bei der Glucosevergärung mit der Spritze und dem Gärungssaccharometer zu erhalten, wurden für beide Methoden

1. die Variationskoeffizienten für die Gasbildung bestimmt (Tab. 2),

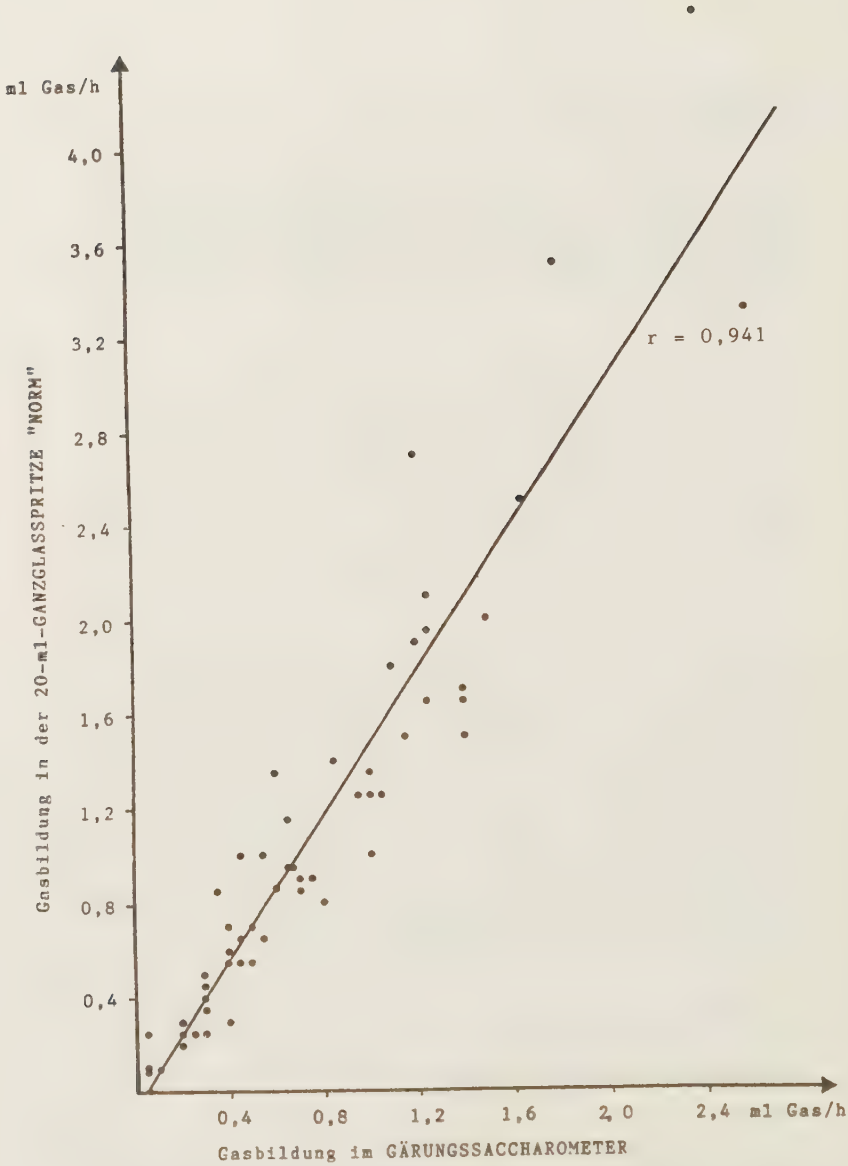

Abb. 2: Vergleich der bei der Glucosevergärung mit Pansensaft in der 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" erhaltenen Gasbildungswerte mit denen, die im Gärungssaccharometer gemessen wurden (für den Vergleich der beiden Methoden dienten die arithmetischen Mittelwerte der Doppelbestimmungen)

2. die relativen Fehler von Doppelbestimmungen errechnet. In Tabelle 3 sind die für jeweils vier verschiedene Bereiche der Gasbildung errechneten mittleren relativen Fehler von Doppelbestimmungen aufgeführt.

Tab. 2: Ergebnisse der Bestimmung der Variationskoeffizienten (VK; Präzision in der Serie) für die Messung der Gasbildung bei der Glucosevergärung mit der 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" und dem Gärungssaccharometer

Methode	VK (%) der Gasbildung
Glucosevergärung mit der 20-ml-Ganzglasspr. "Norm"	6,74 ($\bar{y}$ = 1,78 ml Gas/h, n = 6)
Glucosevergärung mit dem Gärungssaccharometer	4,27 ($\bar{x}$ = 1,17 ml Gas/h, n = 6)

$\bar{y}$, $\bar{x}$ = Mittelwerte der bei der Glucosevergärung mit der Prüf- bzw. Referenzmethode erhaltenen Gasmengen in zwei verschiedenen Pansensaftproben vom Schaf

n = Anzahl der durchgeführten Messungen

Tab. 3: Mittlerer relativer Fehler von Doppelbestimmungen (MRFD) der Gasbildung (Glucosevergärung) mit der 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" und dem Gärungssaccharometer, angegeben für jeweils vier verschiedene Bereiche der Gasbildung

20-ml-Ganzglasspr. "Norm"			Gärungssaccharometer		
Bereich der Gasbildung ml Gas/Std.	MRFD (in %)	n	Bereich der Gasbildung ml Gas/Std.	MRFD (in %)	n
0,10 - 0,75	13,41	22	0,05 - 0,50	5,62	24
0,80 - 1,50	12,55	20	0,55 - 1,00	7,31	16
1,55 - 2,25	9,87	8	1,05 - 1,50	4,67	12
2,30 - 4,55	5,80	5	1,55 - 2,60	3,50	4

n = Anzahl der untersuchten Pansensaftproben in den verschiedenen Bereichen der Gasbildung

Aus Tabelle 2 und 3 ist ersichtlich, daß die Reproduzierbarkeit der Gasbildung bei der Glucosevergärung mit der Spritze deutlich schlechter ist als bei der Glucosevergärung mit dem Gärungssaccharometer. Je geringer die Gasbildung war, desto größer war bei beiden Methoden der relative Fehler von Doppelbestimmungen. Im Meßbereich von 0,05 bis 0,3 ml Gas pro Stunde betrug der relative Fehler von Doppelbestimmungen bei der Spritze in drei Fällen, beim Gärungssaccharometer nur in einem Fall 40 %. In dem für die Pansensaftdiagnostik bedeutsamen niedrigen Bereich der Gasbildung (0,1 bis 1,5 ml Gas/Std.), der bei der Glucosevergärung mit der Spritze eine verminderte Aktivität der Glucose-vergärenden Pansenflora anzeigt, ist die Reproduzierbarkeit der mit der Spritze erhaltenen Gasbildungswerte unzureichend, im darüberliegenden Meßbereich gerade noch ausreichend.

Vergleich der Pufferkapazitäts-Messungen mit und ohne Paraffinüberschichtung frisch entnommener Pansensaftproben vom Schaf

Während der beiden Versuche zur Inaktivierung der Vormagenflora durch Strohfütterung beim Schaf (Versuchstier V_3) wurden an 19 Pansensaftproben vergleichende Pufferkapazitäts-Messungen durchgeführt. Die Pufferkapazität wurde dabei von Pansensaft gemessen, der

1. nach der von KUIPER (1980) beschriebenen Technik direkt bei der Entnahme in ein 600-ml-Glas mit Paraffinzusatz abgesaugt worden war (= Referenzmethode),

2. sofort nach der Entnahme in ein 25-ml-Zentrifugenglas mit Paraffinzusatz gefüllt worden war (=Prüfmethode 1),

3. sofort nach der Entnahme in ein 25-ml-Zentrifugenglas ohne Paraffinzusatz gefüllt worden war (=Prüfmethode 2).

Die Messung der Pufferkapazität in den drei Pansensaftproben erfolgte sofort nach der Entnahme mit der auf Seite 29 f. beschriebenen Technik. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tab. 6: Vergleich der Pufferkapazitäts-Messungen mit frischem Pansensaft vom Schaf, der während der Entnahme in ein 600-ml-Glas mit Paraffinzusatz abgesaugt worden war (= Referenzmethode) sowie nach der Entnahme in ein 25-ml-Zentrifugenglas mit Paraffinzusatz (= Prüfmethode 1) bzw. ohne Paraffinzusatz (= Prüfmethode 2) gefüllt worden war

Probe Nr.	Ref.-methode		Prüfmethode 1		Prüfmethode 2	
	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Pufferkapazität mmol/l	d	Pufferkapazität mmol/l	d
1	6,23	60	66	+ 6	67	+ 7
2	6,44	86	85	- 1	86	0
3	6,45	89	88	- 1	89	0
4	6,74	104	106	+ 2	106	+ 2
5	6,52	91	93	+ 2	93	+ 2
6	6,64	94	93	- 1	93	- 1
7	6,68	89	90	+ 1	91	+ 2
8	6,95	94	96	+ 2	98	+ 4
9	6,82	91	91	0	90	- 1
10	6,97	89	89	0	90	+ 1
11	6,87	81	83	+ 2	83	+ 2
12	7,05	90	89	- 1	89	- 1
13	6,74	71	72	+ 1	74	+ 3
14	6,96	83	85	+ 2	85	+ 2
15	6,93	78	78	0	78	0
16	6,41	85	85	0	86	+ 1
17	6,52	87	86	- 1	88	+ 1
18	6,41	88	88	0	88	0
19	6,44	83	87	+ 4	88	+ 5

d = Differenz zu dem mit der Referenzmethode gemessenen Pufferkapazitätswert

Die mittlere Abweichung des mit der Prüfmethode 1 erhaltenen Pufferkapazitätswertes von dem mit der Referenzmethode gemessenen Wert beträgt 0,89 $\pm$ 1,88 mmol/l (arithmetisches Mittel $\pm$ Standardabweichung). In fünf Fällen lag der mit der Prüfmethode gemessene Pufferkapazitätswert 1 mmol/l unter dem Vergleichswert, in zwei Fällen 4 bzw. 6 mmol/l darüber. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Methoden ($2\alpha = 0{,}05$; Wilcoxon-Vorzeichen-Rangsummentest), der jedoch für die klinische Pansensaftuntersuchung ohne praktische Bedeutung ist.

Die mittlere Abweichung des mit Prüfmethode 2 gefundenen Pufferkapazitätswertes vom Vergleichswert beträgt 1,53 $\pm$ 2,12 mmol/l (arithmetisches Mittel $\pm$ Standardabweichung). In drei Fällen lag der mit der Prüfmethode 2 gemessene Pufferkapazitätswert 1 mmol/l unter dem Vergleichswert, in zwei Fällen 5 bzw. 7mmol/l darüber. Auch hier liegt ein signifikanter Unterschied zwischen Prüfmethode 2 und der Referenzmethode vor ($2\alpha = 0{,}05$; Wilcoxon-Vorzeichen-Rangsummentest), der jedoch für klinische Belange ohne Bedeutung ist.

Statistischer Vergleich der mit dem Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 ermittelten Gesamtaziditätswerte mit denen, die mit der Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW gemessen wurden

Die Bestimmung der Gesamtazidität erfolgte an 141 Pansensaftproben vergleichend mit dem Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 und der Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW (Tab. 7 - 12, und 17 - 22).

Um die Regressionsgerade, die sich mathematisch als $y = - 0,32 + 1,01x$ beschreiben läßt, streuen die gefundenen Meßpunkte sehr eng (Abb. 3). Die annähernd optimale Lage der Regressionsgerade und die hohe Korrelation ($r = 0,987$) beweisen die sehr gute Übereinstimmung der Prüfmethode mit der Referenzmethode. Die mittlere Abweichung der mit dem Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 erhaltenen Meßwerte von denen, die mit der Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW gemessen wurden, beträgt $- 0,13 \pm 1,85$ mmol/l (arithmetisches Mittel $\pm$ Standardabweichung). Die größten Differenzen betrugen zweimal 5 mmol/l und einmal - 5 mmol/l, allerdings im höheren Meßbereich (über 20 mmol/l). Nach dem t-Test liegt bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$ kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Methoden vor.

In Tab. 4 werden die für beide Methoden ermittelten Variationskoeffizienten aufgeführt. Die Präzision der Prüf- und Referenzmethode ist ungefähr gleich; sie nimmt mit steigenden Gesamtaziditätswerten zu.

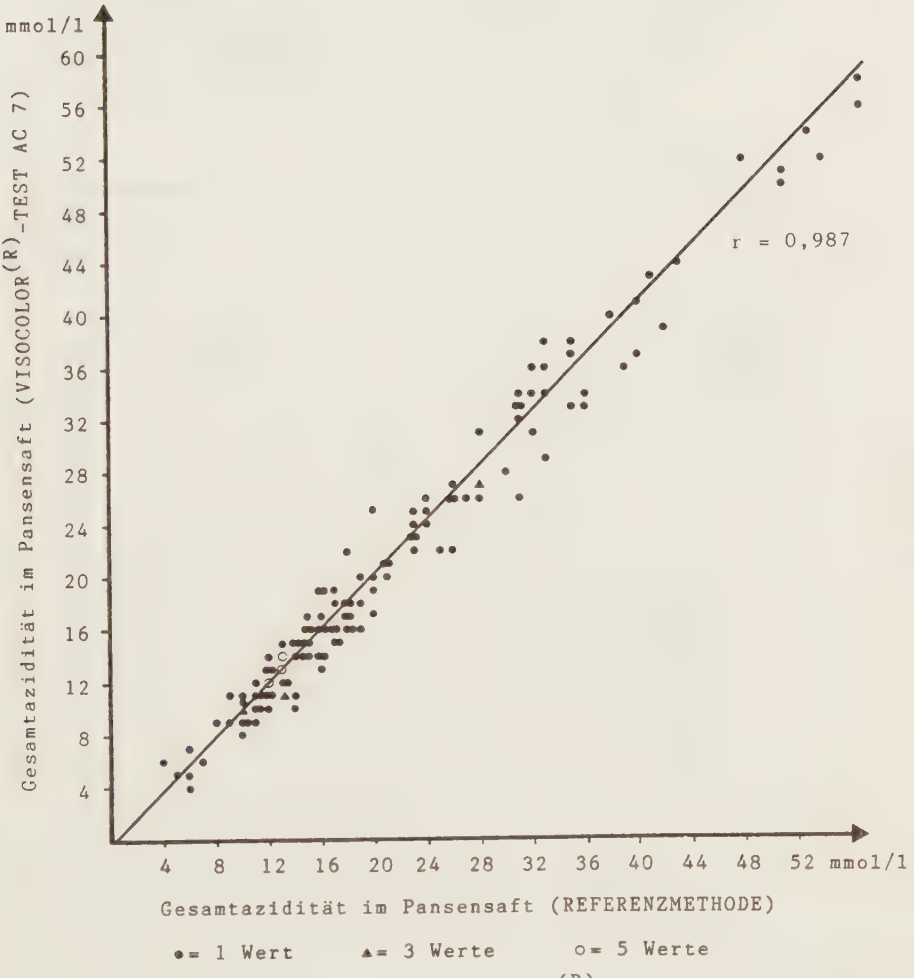

Abb. 3: Vergleich der mit dem Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 im Pansensaft ermittelten Gesamtaziditätswerte mit denen, die mit der Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW gemessen wurden

Tab. 4: Ergebnisse der Bestimmung der Variationskoeffizienten (VK; Präzision in der Serie) für die mit dem Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 und der Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW in verschiedenen Pansensaftproben vom Rind ermittelten Gesamtaziditätswerte

Methode	VK (%) für die Bestimmung der Gesamtazidität in verschiedenen Pansensaftproben		
Visocolor-Test AC 7	6,95 ($\bar{y}$ = 13,1; n = 20)	4,53 ($\bar{y}$ = 28,25; n = 8)	5,13 ($\bar{y}$ = 34,9; n = 10)
Referenzmethode	6,82 ($\bar{x}$ = 14,8; n = 20)	4,93 ($\bar{x}$ = 30,63; n = 8)	4,04 ($\bar{x}$ = 31,9; n = 10)

$\bar{y}$, $\bar{x}$ = arithmetische Mittelwerte der mit der Prüf- bzw. Referenzmethode gemessenen Gesamtaziditätswerte in den verschiedenen Pansensaftproben (in mmol/l)

n = Anzahl der durchgeführten Bestimmungen in der jeweiligen Pansensaftprobe

Statistischer Vergleich der mit dem Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 ermittelten Chloridwerte mit denen, die mit dem Chloridmeter gemessen wurden

Die Bestimmung des Chloridgehaltes erfolgte an 148 Pansensaftproben vergleichend mit dem Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 und dem Chloridmeter (Tab. 7 - 9 und 11 - 22).

Korrelationskoeffizient (r = 0,993) und Regressionsgerade (y = 1,92 + 0,94x) zeigen, daß eine sehr gute Übereinstimmung zwischen beiden Methoden besteht (Abb. 4). Die mittlere Abweichung der mit dem Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 erhaltenen Chloridwerte von denen, die mit dem Chloridmeter gemessen wurden, beträgt 0,2 $\pm$ 2,25 mmol/l (arithmetischer Mittelwert $\pm$ Standardabweichung). Die größten Differenzen zum Vergleichswert betrugen einmal -9 mmol/l und einmal -8 mmol/l, allerdings im höheren Meßbereich (über 60 mmol/l). Es liegt kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Methoden vor (α = 0,05; t-Test).

In Tabelle 5 werden die für den Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 und die beiden Chloridmeter ermittelten Variationskoeffizienten aufgeführt. Die Präzision der Chloridbestimmung mit dem Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 ist bei normalem Chloridgehalt im Pansensaft zufriedenstellend, bei hoher Chloridkonzentration im Pansensaft gut.

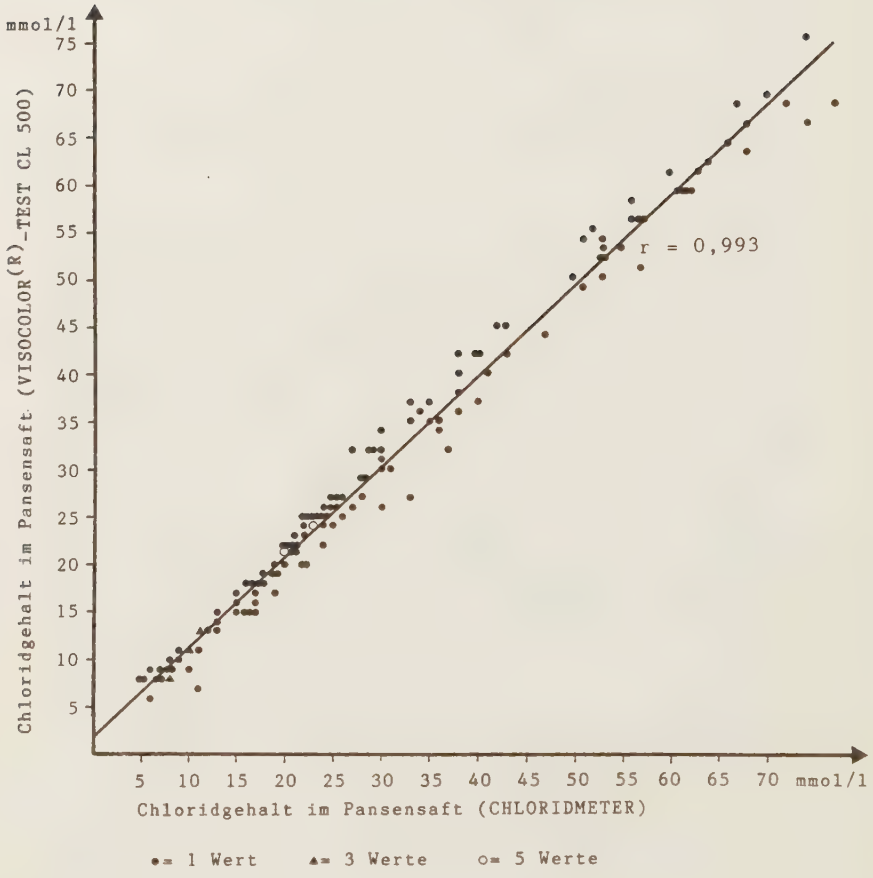

Abb. 4: Vergleich der mit dem Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 im Pansensaft ermittelten Chloridwerte mit denen, die mit dem Chloridmeter gemessen wurden

Tab. 5: Ergebnisse der Bestimmung der Variationskoeffizienten (VK; Präzision in der Serie) für die mit dem Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 und den beiden Chloridmetern "CORNING-EEL 920" sowie "EPPENDORF 6610" in verschiedenen Pansensaftproben vom Rind ermittelten Chloridwerte

Methode	VK (%) für die Chloridbestimmung in verschiedenen Pansensaftproben		
Visocolor-Test Chlorid CL 500	5,36 ($\bar{y}$ = 15,30; n = 10)	7,86 ($\bar{y}$ = 16,80; n = 10)	2,83 ($\bar{y}$ = 59,80; n = 10)
Chloridmeter "CORNING-EEL 920"	2,86 ($\bar{x}$ = 19,90; n = 10)	-	0,94 ($\bar{x}$ = 60,90; n = 10)
Chloridmeter "EPPENDORF 6610"	2,14 ($\bar{x}$ = 25,26; n = 10)	-	1,05 ($\bar{x}$ = 55,39; n = 10)

$\bar{y}$, $\bar{x}$ = arithmetische Mitelwerte der mit der Prüf- bzw. der Referenzmethode gemessenen Chloridgehalte in den verschiedenen Pansensaftproben (in mmol/l)

n = Anzahl der durchgeführten Bestimmungen in der jeweiligen Pansensaftprobe

BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Brauchbarkeit der 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" für die Glucosevergärung mit Pansensaft

Die Glucosevergärung mit dem Gärungssaccharometer hat in der tierärztlichen Landpraxis bisher noch keine entscheidende praktische Bedeutung für die klinische Diagnostik der Vormagenkrankheiten erlangt, obwohl sie einen guten Anhalt über die Aktivität der Glucose-vergärenden Flora im Pansensaft gibt. Bei aktivem Pansensaft entwickeln sich 1 bis 2 ml Gas pro Stunde; bei einfacher Inaktivität der Vormagenflora und -fauna sowie bei Laktazidose des Hauben-Panseninhaltes entsteht nur wenig oder gar kein Gas, bei schaumiger Gärung dagegen wesentlich mehr und unter auffallender Schaumbildung.

In den vorliegenden Untersuchungen sollte geprüft werden, ob die Glucosevergärung vereinfacht werden kann, wenn anstelle des Gärungssaccharometers eine geeignete Spritze als Inkubationsgefäß verwendet wird. In Vorversuchen erwies sich dabei die 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" (Fa. Empfenzeder, München) sowohl hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Gasbildung als auch wegen ihrer einfachen Handhabung und praktikablen Größe als die am besten geeignete Spritze. Als bestes Gleitmittel für den Spritzenkolben erwies sich Dimethylpolysiloxan; es wurde mit Hilfe eines Sprays (Densol$^{(R)}$-Spray, Fa. Braun) als hauchdünner Film auf den Spritzenkolben aufgesprüht. Nach Aufziehen von 10,5 ml des Pansensaft-Glucose-Gemisches wurde die Spritze am Luer-Metallkonus mit einer passenden Plastikkappe gas-

und wasserdicht verschlossen.

An 56 frisch entnommenen Pansensaftproben wurde die Glucosevergärung vergleichend mit zwei 20-ml-Ganzglasspritzen "Norm" und zwei Gärungssaccharometern durchgeführt. Die sich aus den Doppelbestimmungen der Gasbildung ergebenden arithmetischen Mittelwerte dienten für den Vergleich der Prüfmethode mit der Referenzmethode. Die Korrelationsrechnung ergab eine enge Beziehung zwischen beiden Methoden ($r = 0{,}941$). Wie aus der Regressionsgleichung $y = -0{,}049 + 1{,}524x$ ersichtlich ist, sind die mit zwei 20-ml-Ganzglasspritzen erhaltenen Gasbildungsmittelwerte etwa um den Faktor 1,5 größer als die mit zwei Gärungssaccharometern ermittelten Werte. Dies dürfte damit zusammenhängen, daß beim Gärungssaccharometer ein Teil der gebildeten Gasmenge entweichen kann, während dies bei der Spritze nicht möglich ist. Die Spritze zeigt daher eher den "wahren Wert" der Gasbildung an als das Gärungssaccharometer. Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß die mit beiden Methoden gemessenen Gasbildungswerte nicht auf Normalbedingungen ($0^{\circ}C$; 760 mm Hg) korrigiert wurden, da dies für den Vergleich der Methoden ohne Bedeutung war.

Die Reproduzierbarkeit der Gasbildung war bei der Glucosevergärung mit der Spritze deutlich schlechter als bei der Glucosevergärung mit dem Gärungssaccharometer. In dem für die Pansensaftdiagnostik bedeutsamen niedrigen Bereich der Gasbildung (0,1 bis 1,5 ml Gas/Std.), der bei der Glucosevergärung mit der Spritze eine verminderte Aktivität der Glucose-vergärenden Pansenflora anzeigt, war die Reproduzierbarkeit der mit der Spritze erhaltenen Gasbildungswerte unzureichend, im höheren Meßbereich gerade noch ausreichend.

Aufgrund der schlechten Reproduzierbarkeit der Gasbildung ist die 20-ml-Ganzglasspritze "Norm" für die Glucosevergärung mit Pansensaft weniger geeignet als das bisher verwendete Gärungssaccharometer.

Brauchbarkeit der Pufferkapazitäts-Messungen mit frischem Pansensaft, der erst nach der Entnahme in ein 25-ml-Zentrifugenglas mit bzw. ohne Paraffinzusatz gefüllt worden war

Zur Erkennung des abomasalen Reflux benutzten BREUKINK und KUIPER 1976 unter anderem auch die Bestimmung der Pufferkapazität im Pansensaft. Ein Rückfluß von Salzsäure-haltigem Labmagensaft in den Pansen besteht nach Ansicht dieser Autoren dann, wenn die Chloridkonzentration im Pansensaft Werte über 20 mmol/l erreicht und gleichzeitig die Pufferkapazität auf Werte unter 80 mmol/l abfällt.

Alle Autoren, die bisher Pufferkapazitäts-Messungen im Pansensaft durchgeführt haben (TURNER und HODGETTS, 1955b; KAUFMANN und HAGEMEISTER, 1969; EMMANUEL und Mitarb., 1969; BREUKINK und KUIPER, 1976; KUIPER, 1980) weisen darauf hin, daß für die Bestimmung der Pufferkapazität ein CO_2-Verlust der Pansensaftprobe möglichst vermieden werden sollte. BREU-

KINK und KUIPER (1976) sowie KUIPER (1980) konnten den CO_2-Verlust der Pansensaftprobe dadurch gering halten, daß sie die Probe direkt bei der Entnahme in ein 50-ml-Zentrifugenglas absaugten, das 5 ml flüssiges Paraffin enthielt. Die Paraffinschicht setzt sich sofort über der Pansensaftprobe ab und verhindert dadurch ein Entweichen von CO_2.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde an 19 frisch entnommenen Pansensaftproben vom Schaf geprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den gemessenen Pufferkapazitätswerten besteht, wenn für die Messungen Pansensaft verwendet wird, der

1. direkt bei der Entnahme in ein 600-ml-Glas, das 12 ml dünnflüssiges Paraffin enthält, abgesaugt worden ist (= Referenzmethode),

2. sofort nach der Entnahme in ein 25-ml-Zentrifugenglas, das etwa 2,5 ml dünnflüssiges Paraffin enthält, gefüllt worden ist (= Prüfmethode 1),

3. sofort nach der Entnahme in ein 25-ml-Zentrifugenglas ohne Parafinzusatz gefüllt worden ist (= Prüfmethode 2).

Die Messung der Pufferkapazität in den drei Proben erfolgte sofort nach der Entnahme. Es stellte sich heraus, daß ein signifikanter Unterschied zwischen Prüfmethode 1 bzw. 2 und der Referenzmethode besteht. Die mittlere Abweichung der mit Prüfmethode 1 bzw. 2 gemessenen Pufferkapazitätswerte von denen, die mit

der Referenzmethode erhalten wurden, ist jedoch gering und für die klinische Pansensaftuntersuchung ohne praktische Bedeutung.

Da die bei einem Schaf gewonnenen Ergebnisse nicht einfach auf das Rind übertragen werden können und da die Abweichungen der Meßergebnisse der beiden Prüfmethoden von denen der Referenzmethode unter anderen Fütterungsbedingungen größer sein können, sollte die Bestimmung der Pufferkapazität in der klinischen Pansensaftuntersuchung weiterhin möglichst mit Pansensaft erfolgen, der direkt bei der Entnahme in ein Auffangglas mit Paraffinzusatz abgesaugt worden ist.

Brauchbarkeit des Visocolor$^{(R)}$-Tests Acidität AC 7 für die Bestimmung der Gesamtazidität im Pansensaft

Zur Erkennung der mikrobiell-biochemischen Indigestionen, die mit Hyperazidität einhergehen, führten SLANINA und ROSSOW 1964 (neben der pH-Messung) die Bestimmung der Gesamtazidität in die klinische Pansensaftuntersuchung ein. Die Gesamtazidität im Pansensaft gesunder Rinder schwankt in Abhängigkeit von der Art und Menge des aufgenommenen Futters und in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der letzten Futteraufnahme zwischen 8 und 25 mmol/l (SLANINA und ROSSOW, 1964; DIRKSEN, 1977). Bei Salzsäure-Azidose des Vormageninhaltes wurden von ELIZONDO (1975) Werte bis 42 mmol/l, bei Milchsäure-Azidose des Vormageninhaltes solche bis zu 69 mmol/l gemessen.

In den vorliegenden Untersuchungen erfolgte die Bestimmung der Gesamtazidität an insgesamt 141 Pansensaftproben vergleichend mit dem Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 und der Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW (1964). Für Pansensaftproben mit Gesamtaziditätswerten von 5 bis 57 mmol/l ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen beiden Methoden (r = 0,987).

Die Präzision der Prüf- und Referenzmethode ist im normalen Meßbereich zufriedenstellend, bei erhöhten Gesamtaziditätswerten gut.

Der Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 ist damit für die Bestimmung der Gesamtazidität im Pansensaft ebenso gut geeignet wie die bisher in der klinischen Pansensaftuntersuchung angewandte Methode nach SLANINA und ROSSOW.

Der Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 hat dabei gegenüber der Referenzmethode den Vorteil, daß er auch ohne Laborkenntnisse und ohne großen Materialaufwand schnell und einfach durchgeführt werden kann. Ein weiterer Vorteil des Tests sind die geringen Anschaffungskosten.

Brauchbarkeit des Visocolor(R)-Tests Chlorid CL 500 für die Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaft

Normalerweise schwankt der Chloridgehalt im Pansensaft gesunder Rinder in Abhängigkeit von der verabreichten Futterration und dem Zeitpunkt der letzten Futteraufnahme zwischen 6 und 34 mmol/l (BAILEY, 1961; POUTIAINEN, 1970; ELIZONDO, 1975; BENNINK und Mitarb., 1978; HAFEZ, 1979).

Pansensaft-Chloridwerte über 30 (bis 100) mmol/l werden bei Rückfluß von Salzsäure-haltigem Labmagensaft in den Pansen gemessen. Abomasaler Reflux tritt bei verschiedenen Primärleiden auf, welche die Ingestapassage durch den Labmagen hemmen. Als Folge des Reflux kann es zu einer hypochlorämischen, hypokaliämischen Alkalose mit Dehydratation und prärenaler Urämie kommen (BREUKINK und KUIPER, 1976). Auch bei Laktazidose des Vormageninhaltes kann ein erhöhter Chloridgehalt im Pansensaft auftreten, allerdings erst in einem späteren Krankheitsstadium und nur bis zu Werten von 40 bis 50 mmol/l (ELIZONDO, 1975). Für die Erkennung des abomasalen Reflux sowie für die Unterscheidung von den durch organische Säuren verursachten Hyperaziditätszuständen kann die Chloridbestimmung im Pansensaft somit wertvolle diagnostische Hinweise geben.

Die Bestimmung des Chloridgehaltes erfolgte im Rahmen dieser Arbeit an 148 Pansensaftproben vergleichend mit dem Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 und dem Chloridmeter. Für Pansensaftproben mit einem

Chloridgehalt von 5 bis 77 mmol/l ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen beiden Methoden (r = 0,993).

Die Präzision des Visocolor(R)-Tests Chlorid CL 500 war bei normalem Chloridgehalt im Pansensaft zufriedenstellend, bei erhöhtem Chloridgehalt gut. Die Präzision der beiden Chloridmeter war im gesamten Meßbereich sehr gut.

Der Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 ist damit für die Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaft gut geeignet. Er hat gegenüber dem Chloridmeter den Vorteil, daß die Anschaffungskosten nur gering sind. Außerdem kann der Test auch ohne Laborkenntnisse einfach und schnell durchgeführt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen dieser Arbeit wurden einfache Methoden zur Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung), der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes unter verschiedenen Bedingungen (in vitro, Fütterungsversuche, Untersuchung klinisch kranker Rinder) und durch Vergleich mit Referenzverfahren auf ihre Brauchbarkeit in der klinischen Pansensaftuntersuchung bei Rind und Schaf geprüft.

1. Die Bestimmung der Gasbildung (Glucosevergärung) erfolgte an 56 Pansensaftproben vergleichend mit zwei 20-ml-Ganzglasspritzen "Norm" (Fa. Empfenzeder, München) und zwei Gärungssaccharometern. Die sich aus den Doppelbestimmungen der Gasbildung ergebenden arithmetischen Mittelwerte dienten für den Vergleich der Prüfmethode mit der Referenzmethode. Korrelationskoeffizient ($r = 0{,}941$) und Regressionsgerade ($y = -0{,}049 + 1{,}524x$) dokumentieren die enge Beziehung zwischen beiden Methoden (y = Prüfmethode; x = Referenzmethode). Die Reproduzierbarkeit der Gasbildung war bei der 20-ml-Ganzglasspritze deutlich schlechter als beim Gärungssaccharometer. Die 20-ml-Ganzglasspritze ist damit für die Glucosevergärung mit Pansensaft weniger geeignet als das bisher verwendete Gärungssaccharometer.

2. An 19 frisch entnommenen Pansensaftproben vom Schaf wurden vergleichende Pufferkapazitäts-Messungen mit Pansensaft durchgeführt, der entweder direkt bei der Entnahme in ein 600-ml-Glas unter Paraffin abgesaugt worden war (= Referenzmethode) oder sofort nach der Entnahme in ein 25-ml-Zentrifugenglas mit Paraffinzu-

satz (= Prüfmethode 1) bzw. ohne Paraffinzusatz (= Prüfmethode 2) gefüllt worden war. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen Prüfmethode 1 bzw. 2 und der Referenzmethode. Die mittlere Abweichung der mit Prüfmethode 1 bzw. 2 gemessenen Pufferkapazitätswerte von denen, die mit der Referenzmethode gemessen wurden, war jedoch sehr gering. Da die Untersuchungen nur an einem Schaf unter ganz bestimmten Fütterungsbedingungen durchgeführt wurden, sollte die Messung der Pufferkapazität weiterhin möglichst mit Pansensaft erfolgen, der direkt bei der Entnahme unter Paraffin abgesaugt worden ist.

3. Die Bestimmung der Gesamtazidität erfolgte an 141 Pansensaftproben vergleichend mit einem einfachen titrimetrischen Schnelltest, dem Visocolor$^{(R)}$- Test Acidität AC 7 (Fa. Macherey-Nagel, Düren), und der Referenzmethode nach SLANINA und ROSSOW (1964). Es bestand eine sehr gute Übereinstimmung zwischen beiden Methoden (r = 0,987). Die Präzision der Prüfmethode und der Referenzmethode war im normalen Meßbereich zufriedenstellend, bei erhöhten Gesamtaziditätswerten gut. Der Visocolor$^{(R)}$-Test Acidität AC 7 ist für die Bestimmung der Gesamtazidität im Pansensaft gut geeignet.

4. Die Bestimmung des Chloridgehaltes erfolgte an 148 Pansensaftproben mit einem einfachen titrimetrischen Schnelltest, dem Visocolor$^{(R)}$-Test Chlorid CL 500 (Fa. Macherey-Nagel, Düren), im Vergleich zum Chloridmeter (Coulometrische Titration). Die Korrelationsanalyse ergab eine sehr gute Übereinstimmung zwischen beiden Methoden (r = 0,993). Die Präzision des

Schnelltests war bei normalem Chloridgehalt im Pansensaft zufriedenstellend, bei erhöhtem Chloridgehalt gut. Die Präzision der beiden Chloridmeter war im gesamten Meßbereich sehr gut. Der Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 ist damit für die Bestimmung des Chloridgehaltes im Pansensaft gut geeignet.

Comparative evaluation of simple methods for the determination of gas production (glucose fermentation), buffering capacity, total acidity, and chloride concentration in rumen fluid of cattle and sheep.

SUMMARY

In this study simple methods for the determination of gas production (glucose fermentation), buffering capacity, total acidity and chloride concentration in the rumen fluid of cattle and sheep were tested for their applicability under various conditions (in vitro, feeding experiments, examination of diseased cattle) and the results compared with those obtained by reference procedures.

1. Gas production (glucose fermentation) was measured in 56 rumen fluid samples with two calibrated 20 ml "Norm" glass-syringes (Empfenzeder,Munich) and the results compared with those obtained using two fermentation saccharometers. The arithmetical mean values obtained from the double determinations of gas production were used to compare the test method with the reference method. The statistical correlation analysis ($r = 0.941$, $y = -0.049 + 1.524x$) revealed the close correlation between the two methods (y = test method; x = reference method). The reproducibility of gas production using the 20 ml glass-syringe was much inferior to that using the fermentation saccharometer. The 20 ml glass-syringe is thus less suitable for glucose fermentation with rumen fluid than the fermentation saccharometer used until now.

2. Comparative buffering capacity measurements were carried out on 19 freshly obtained rumen fluid samples from sheep with rumen fluid which had either been withdrawn directly into a 600 ml glass containing liquid paraffin (= reference method) or filled, immediately after sampling, into a 25 ml

glass centrifuge tube with liquid paraffin (= test method 1) or without liquid paraffin (= test method 2). There were significant differences between test methods 1 and 2 and the reference method. The mean deviation of the buffering capacity values obtained by test methods 1 and 2 from those obtained by the reference method was, however, extremely slight. As the measurements were carried out on a single sheep under special feeding conditions,the determination of the buffering capacity should continue to be carried out with rumen fluid which has been withdrawn directly during sampling into a glass containing liquid paraffin.

3. Total acidity was determined on the basis of 141 rumen fluid samples using a simple titrimetric rapid test, the Visocolor(R)- Test Acidität AC 7 (Macherey-Nagel, Düren), and using the reference method according to SLANINA and ROSSOW (1964) for comparison. There was a high correlation between the two methods (r = 0.987). The precision of both the test method and the reference method was satisfactory within the normal range and good for higher total acidity values. The Visocolor(R)-Test Acidität AC 7 is very suitable for determining total acidity in the rumen fluid.

4. The chloride concentration was determined on the basis of 148 rumen fluid samples, using a simple titrimetric rapid test, the Visocolor(R)-Test Chlorid CL 500 (Macherey-Nagel, Düren),and a chloridometer (coulometric titration) for comparison. There was a high correlation between the two

methods (r = 0.993). The precision of the rapid test was satisfactory for normal chloride concentrations in the rumen fluid and good for higher values. The precision of the two chloridometers used was very good in the entire range. The Visocolor$^{(R)}$-Test Chlorid CL 500 is thus very suitable for determining chloride concentration in the rumen fluid.

LITERATURVERZEICHNIS

BAILEY, C.B. (1961):
Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. 4. The relationships between the concentration of sodium, potassium, chloride and inorganic phosphate in mixed saliva and rumen fluid.
Brit. J. Nutr. 15, 489-498

BAILEY, C.B. und C.C. BALCH (1961):
The digestion of hay administered to cows through rumen fistulas.
Brit. J. Nutr. 15, 183-188

BENNINK, M.R., T.R. TYLER, G.M. WARD und D.E.JOHNSON (1978):
Ionic milieu of bovine and ovine rumen as affected by diet.
J. Dairy Sci. 61, 315-323

BREUKINK, H.J. und T. DE RUYTER (1977):
Lebmaagdislocaties bij het rund: De invloed van het rantsoen op de samenstelling van pensvloeistof, lebmaag- en duodenuminhoud.
Tijdschr. Diergeneesk. 102, 554-566

BREUKINK, H.J. und R. KUIPER (1976):
Abomasal reflux in cattle with various gastrointestinal disorders.
Proc. 9. Intern. Congr. on Diseases of Cattle, Paris 2, 439-446

COLOMBO, J.P. (1978):
Elektrolyte.
In: RICHTERICH, R. und J.P. COLOMBO (Hrsg.): Klinische Chemie; Theorie, Praxis, Interpretation, 4. Aufl. Karger Verlag, Basel und München, 212-221

COLOMBO, J.P. (1978):
Zuverlässigkeit von Labormethoden und Qualitätskontrolle.
In: RICHTERICH, R. und J.P. COLOMBO (Hrsg.): Klinische Chemie; Theorie, Praxis, Interpretation, 4. Aufl. Karger Verlag, Basel und München, 62

COTLOVE, E., H.V. TRANTHAM und R.L. BOWMAN (1958):
An instrument and method for automatic, rapid, accurate and sensitive titration of chloride in biological samples.
J. Lab. Clin. Med. 51, 461-468

COTLOVE, E. (1961):
Chloride.
In: SELIGSON, D. (Hrsg.): Standard Methods of Clinical Chemistry, Vol. 3.
Academic Press, New York, 81-92

DIRKSEN, G. und L. WOLF (1963):
Wie lange und bei welcher Aufbewahrungstemperatur ist Pansensaft nach der Entnahme für diagnostische und therapeutische Zwecke brauchbar?
Tierärztl. Umschau 18, 282-285

DIRKSEN, G. (1965):
Über die Pansenacidose des Rindes.
Vet. Med. Nachr. (Bayer), 79-108

DIRKSEN, G. (1969):
Ist die "Methylenblauprobe" als Schnelltest für die klinische Pansensaftuntersuchung geeignet?
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 76, 305-309

DIRKSEN, G. (1970):
Krankheiten der Haube und des Pansens.
In: ROSENBERGER, G. (Hrsg.): Krankheiten des Rindes.
Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 216-275

DIRKSEN, G. (1977):
Verdauungsapparat.
In: ROSENBERGER, G. (Hrsg.): Die klinische Untersuchung des Rindes, 2. Aufl.
Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 209-304

DIRKSEN, G. (1981):
Indigestionen beim Rind.
Schnetztor Verlag, Konstanz

EHRENGRUBER, H. (1978):
Statistik.
In: RICHTERICH, R. und J.P. COLOMBO (Hrsg.): Klinische Chemie; Theorie, Praxis und Interpretation, 4. Aufl.
Karger Verlag, Basel und München, 22-51

ELIZONDO Y VAZQUEZ, C.A. (1975):
Untersuchungen des Pansensaftes bei gesunden sowie an Indigestionen unterschiedlicher Ursache erkrankten Rindern (mit besonderer Berücksichtigung des pH-Wertes, der Gesamtazidität, des Laktat- und des Chloridgehaltes).
Vet. Med. Diss. Hannover

EMMANUEL, B., M.J. LAWLOR und D.M. McALEESE (1969):
The rumen buffering system of sheep fed pelleted roughage-concentrate rations.
Brit. J. Nutr. 23, 805-811

FRIED, R., J. HOEFLMAYR und G. VELÖSY (1972):
Eine neue hochempfindliche Methode zur Bestimmung des Chlorids in Körperflüssigkeiten ohne Eiweißfällung.
Z. klin. Chem. klin. Biochem. 10, 280

GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER (1979):
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (DEV).
Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße

HAFEZ, A.M. (1979):
Untersuchungen zum Verhalten einiger Elektrolyte in Pansensaft, Blutserum und Harn sowie des roten und des weißen Blutbildes bei gesunden und enteritiskranken Rindern im Hinblick auf therapeutische Schlußfolgerungen.
Vet. Med. Diss. Hannover

HALLMANN, L. (1966):
Klinische Chemie und Mikroskopie, 10. Aufl.
Thieme Verlag, Stuttgart

HINSBERG, K. und K. LANG (1957):
Medizinische Chemie für den klinischen und theoretischen Gebrauch.
Urban und Schwarzenbeck Verlag, München, Berlin, Wien, 57-60

HOFLUND, S. und L.-F. KARLSSON (1963):
Veränderungen in Pansenproben während der Zeit zwischen der Probenentnahme und der chemischen Untersuchung.
Ber. 17. Welttierärztekongr. Hannover 2, 1379-1380

HOLTENIUS, P., G. BJÖRCK und S. HOFLUND (1959):
Die Untersuchung von Pansensaftproben.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 66, 554-558

JANDER, G., K.F. JAHR und H. KNOLL (1973):
Maßanalyse; Theorie und Praxis der klassischen und der elektrochemischen Titrierverfahren.
De Gruyter Verlag, Berlin und New York

KAUFMANN, W. (1972):
Über die Regulierung des pH-Wertes im Hauben-Pansenraum der Wiederkäuer.
Tierärztl. Umschau 27, 324-328

KAUFMANN, W. und H. HAGEMEISTER (1969):
Das Puffersystem in den Vormägen von Rindern.
Z. Tierphysiol., Tierernährg., Futtermittelkde. 25, 157-168

KELLER, H. (1978):
Elektrochemische Verfahren.
In: RICHTERICH, R. und J.P. COLOMBO (Hrsg.): Klinische Chemie; Theorie, Praxis, Interpretation, 4. Aufl.
Karger Verlag, Basel und München, 152-159

KUIPER, R. (1980):
Reflux van lebmaaginhoud bij het rund.
Proefschrift, Utrecht

KUTTER, D. (1976):
Schnelltests in der klinischen Diagnostik, 1. Aufl.
Urban und Schwarzenberg Verlag, München, Wien, Baltimore

LANG, K. (1937):
Eine Verbesserung der Methodik der Chloridbestimmung im Blut.
Biochem. Zschr. 290, 289-290,
zit. nach HINSBERG und LANG (1957)

LANGE, W. und K. BORNER (1972):
Ein neues absolut messendes Coulometer zum Bestimmen von Chlorid.
Z. klin. Chem. u. klin. Biochem. 10, 33-36

LIPPERT, H. (1976):
SI-Einheiten in der Medizin.
Urban und Schwarzenberg Verlag, München, Wien, Baltimore

MAHNER, H., E. HENKEL und A. DELBRÜCK (1973):
Automatisierte Methode zur Bestimmung von Chloridionen im Serum, Urin und Schweiß.
Z. klin. Chem. klin. Biochem. 11, 451-455

MENKE, K.H., L. RAAB, A. SALEWSKI, H. STEINGASS, D. FRITZ und W. SCHNEIDER (1979a):
The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro.
J. agric. Sci., Camb. 93, 217-222

MENKE, K.H., L. RAAB, A. SALEWSKI, H. STEINGASS und D. FRITZ (1979b):
Die Bestimmung des Gehaltes an Stärkeeinheiten und umsetzbarer Energie im Hohenheimer Futterwerttest (HFT).
Der Tierzüchter 31, 20-27

ORTH, A. und W. KAUFMANN (1966):
Zur Wirkung von Bicarbonat auf die Futteraufnahme bei Milchkühen.
Z. Tierphysiol., Tierernährg., Futtermittelkde 21, 350-361

POUTIAINEN, E. (1970):
Major mineral elements in the bovine rumen fluid.
1. Concentration and their changes between feedings.
Ann. Agr. Fenn. 9, 347-356

POUTIAINEN, E. (1971):
Major elements in the bovine rumen fluid.
2. The input, flow and absorption of calcium, magnesium, phosphorus and chloride.
Ann. Agr. Fenn. 10, 14-24

QUIN, J.I. (1943):
Studies on the alimentary tract of Merino sheep in South Africa.
7. Fermentation in the forestomachs of sheep.
Onderstepoort J. Vet. Sci. 18, 91-112

RAKOW, M. (1975):
Vergleichende Prüfung von verschiedenen Redoxindikatoren in der klinischen Pansensaftuntersuchung bei Rind und Schaf.
Vet. Med. Diss. Gießen

RASCH, D., G. ENDERLEIN und G. HERRENDÖRFER (1973):
Biometrie; Verfahren, Tabellen, angewandte Statistik.
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

RICK, W. (1977):
Klinische Chemie und Mikroskopie, 5. Aufl.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

SCHALES, O. und S.S. SCHALES (1941):
A simple and accurate method for the determination of chloride in biological fluids.
J. biol. Chem. 140, 879-884

SCHALES, O. (1953):
Chloride.
Stand. Methods Clin. Chem. 1, 37-42

SCHÖNER, F.J. (1981):
Schätzung des Energetischen Futterwertes von Milchleistungsfuttern (Ergänzungsfutter für Milchkühe) unter besonderer Berücksichtigung des Hohenheimer Futterwerttestes.
Diss. Bonn

SELIGSON, D., G.J. McCORMICK und K. SLEEMAN (1958):
Electrometric method for the determination of chloride in serum and other biological fluids.
Clin. Chem. 4, 159-169

SENDROY, J.Jr. (1937a):
Microdetermination of chloride in biological fluids, with solid silver iodate. II. Titrimetric analysis.
J. Biol. Chem. 120, 405-418

SENDROY, J.Jr. (1937b):
Microdetermination of chloride in biological fluids, with solid silver iodate. III. Colorimetric analysis.
J. Biol. Chem. 120, 419-439

SLANINA, L. und N. ROSSOW (1964):
Zur speziellen Diagnostik einiger Erkrankungen des Vormagen-Labmagen-Komplexes.
M.-hefte Vet.-Med. 19, 282-291

STÄHLER, F. (1977):
Beurteilung und Kontrolle der Qualität von Meßergebnissen.
In: BERGMEYER, H.U. und K. GAWEHN (Hrsg.): Grundlagen der enzymatischen Analyse.
Verlag Chemie, Weinheim und New York, 242

STEINGASS, H. und K.H. MENKE (1980):
Die Bestimmung der Verdaulichkeit und der Gehalte an umsetzbarer Energie und Nettoenergie-Laktation im Hohenheimer Futterwerttest.
Kraftfutter 11, 534-545

STÖBER, M., H.-P. ZIEGLER und K. VON BENTEN (1974):
Beitrag zur Eichelvergiftung des Rindes - Krankheitsfälle im Herbst 1973.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 81, 155-161

TURNER, A.W. und V.E. HODGETTS (1955a):
Buffer systems in the rumen of the sheep.
I. pH and bicarbonate concentration in relationship to pCO_2.
Aust. J. agr. Res. 6, 115-124

TURNER, A.W. und V.E. HODGETTS (1955b):
Buffer systems in the rumen of the sheep.
II. Buffering properties in relationship to composition.
Aust. J. agr. Res. 6, 125-144

VAN SLYKE, D.D. (1922):
On the measurement of buffer values and on the relationship of buffer value to the dissociation constant of the buffer and the concentration and reaction of the buffer solution.
J. Biol. Chem. 52, 525-570

VAN SLYKE, D.D. und HILLER, A. (1947):
Application of Sendroy's iodometric chloride titration to protein-containing fluids.
J. Biol. Chem. 167, 107-124

VLAMINCK, K., W. OYAERT und C. VANDENHENDE (1978):
Reflux van lebmaaginhoud naar de pens bij dieren met lebmaagdilatatie.
Vlaams Dierg. Tijds. 47, 22-29

WENZEL, H. (1977):
Vergleichende Prüfung der Methylenblauprobe, der Resazurinprobe, des Nitrittests und der Glucosegärprobe in der klinischen Pansensaftuntersuchung bei Rind und Schaf.
Vet. Med. Diss. München

WOLF, L. (1964):
Untersuchungen über die Brauchbarkeit des Pansensaftes für diagnostische und therapeutische Zwecke bei Aufbewahrung unter verschiedenen Temperaturen.
Vet. Med. Diss. Hannover

Anhang

Tabellen 7 - 22

Tab.7: Ausfall der Glucosevergärung, des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes nach der Fütterung von Heu und unterschiedlichen Mengen an Kraftfutter beim Rind (Versuchstier V_1)

Lfd. Nr.	Tagesration	Zeitr. zw. 1. Fütt. u. P.-entn.[1] in Std.	Glucosevergärung in Spr. ml Gas/h	Gär. ml Gas/h	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor(R) AC 7 mmol/l	Referenzmethode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor(R) CL 500 mmol/l	Chloridmeter mmol/l
1	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	7	-	0,05	6,71	87	10	11	25	24
2	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	6	-	0,25	6,66	88	8	10	24	23
3	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	4	-	0,3	6,62	90	12	12	26	24
4	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	4	-	0,2	6,51	92	13	13	26	27
5	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	3	-	0,2	6,58	94	15	15	29	28
6	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	2	-	0,2	6,49	93	14	13	32	29
7	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	3	-	0,4	6,81	102	11	12	25	22
8	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	4	-	0,3	6,64	106	10	14	22	24
9	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	4	-	0,2	6,62	101	11	13	22	20
10	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	3	-	0,2	6,61	90	16	17	24	24
11	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	2	0,85	0,35	6,60	85	11	14	22	21
12	10 kg Heu + 1 kg MF + 1 kg HS	4	-	0,4	6,62	107	-	16	32	30
13	8 kg Heu + 1 kg MF + 2 kg HS	5	-	0,2	6,44	92	16	19	24	23
14	8 kg Heu + 1 kg MF + 2 kg HS	4	-	2,3	6,55	104	-	21	26	30
15	8 kg Heu + 1 kg MF + 2 kg HS	3	-	1,5	6,48	96	-	20	20	22
16	6 kg Heu + 1 kg MF + 3 kg HS	5	0,45	0,3	6,53	94	-	19	-	21
17	6 kg Heu + 1 kg MF + 3 kg HS	2	-	0,55	6,25	87	15	17	24	23
18	5 kg Heu + 1 kg MF + 6 kg HS	2	-	0,95	6,06	88	26	31	26	25

MF = Milchleistungsfutter III (DLG-Norm)
HS = Haferschrot
[1] Zeitraum zwischen letzter Fütterung und Pansensaftentnahme

Spr. = 20-ml-Ganzglasspritze "Norm"
Gär. = Gärungssaccharometer
- = nicht untersucht

Tab. 8: Ausfall der Glucosevergärung, des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes nach der Fütterung von Heu und unterschiedlichen Mengen an Haferschrot beim Schaf (Versuchstier V_3)

Lfd. Nr.	Tagesration	Zeitr. zw. 1. Fütt. u. P.-entn.[1] in Std.	Glucosevergärung in Spr. ml Gas/h	Gär. ml Gas/h	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Referenzmethode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l
1	1 kg Heu + 500 g HS	3	-	1,05	6,44	86	-	15	-	10
2	1 kg Heu + 500 g HS	3	-	1,15	6,76	95	-	15	15	15
3	1 kg Heu + 500 g HS	4	-	0,65	6,60	93	18	18	-	-
4	800 g Heu + 800 g HS	2	-	1,4	6,15	-	26	26	-	-
5	900 g Heu + 700 g HS	4	1,65	1,25	6,29	90	19	20	-	-
6	800 g Heu + 800 g HS	2	1,25	1,05	5,90	93	22	26	18	17
7	700 g Heu + 900 g HS	2	-	0,95	6,01	-	33	31	22	21
8	700 g Heu + 900 g HS	2	-	1,25	5,78	98	34	32	22	20
9	700 g Heu + 900 g HS	3	3,3	2,6	5,83	-	-	28	-	17
10	700 g Heu + 900 g HS	2	2,5	1,65	5,96	87	38	35	9	10
11	700 g Heu + 900 g HS	2	-	1,5	5,84	83	38	33	7	11

HS = Haferschrot

[1] Zeitraum zwischen letzter Fütterung und Pansensaftentnahme

Spr. = 20-ml-Ganzglasspritze "Norm"

Gär. = Gärungssaccharometer

- = nicht untersucht

Tab. 9: Verlauf der Glucosevergärung, des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes bei der Erzeugung einer Pansenazidose durch einen hohen Anteil an Haferschrot in der Futterration beim Rind (Versuchstier V_1). Versuch 1

Versuchstag	Uhrzeit	Glucosevergärung in Spr. ml Gas/h	Glucosevergärung in Gär. ml Gas/h	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Referenzmethode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l	Farbe	Geruch	Konsistenz
1. Tag	6^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	8^{30}	-	0,3	6,60	92	12	12	-	25	braunoliv	schwach aromat.	dünn viskös
	11^{00}	-	0,2	6,68	94	12	13	-	24	braunoliv	schwach aromat.	dünn viskös
	12^{00}	Fütterung: 2 kg Heu + 4 kg Haferschrot										
	14^{00}	0,25	0,05	6,08	83	20	21	-	23	helloliv	schwach aromat.	dünn viskös
	16^{00}	-	0,1	5,91	82	25	23	-	24	helloliv	aromatisch	dünn viskös
2. Tag	6^{00}	Fütterung: 2 kg Heu + 4 kg Haferschrot										
	8^{30}	-	0,2	5,63	80	29	33	24	23	grauoliv	säuerlich	wässrig
	11^{00}	0,1	0,05	5,78	82	24	24	21	20	grauoliv	säuerlich	wässrig
	12^{00}	Fütterung: 1 kg Heu + 3 kg Haferschrot										
	14^{00}_{15}	0	0,05	5,09	71	50	51	-	21	milchiggelb	sauerstechend	wässrig
	15^{30}	-	-	5,33	66	39	42	-	23	milchiggrün	sauerstechend	wässrig
	16^{30}	-	-	5,03	65	56	57	24	22	milchiggrau	sauerstechend	wässrig
	18^{00}	-	-	5,12	68	52	54	-	21	michiggrau	sauerstechend	wässrig
	19^{15}	Die Vormägen wurden entleert und ausgewaschen; anschliessend wurde ein Teil des alten Inhaltes, mehrere Handvoll kleingezupftes Heu, 250 g $NaHCO_3$ sowie 4 g Chlortetrazyklin in wässr. Lösung per fist. i. d. Vormägen eingebracht										
3. Tag	6^{00}	Fütterung: Heu ad libitum										
	8^{30}	-	-	5,66	37	21	21	-	18	graubraun	säuerlich	wässrig
	11^{00}	-	-	5,68	44	24	23	-	19	graubraun	säuerlich	wässrig
	11^{05}	4 l aktiven Pansensaft per fist. i. d. Vormägen eingebracht + 4 g Thiamindichlorid i.v./i.m.										
	12^{30}	Fütterung: Heu ad libitum										
	14^{30}	-	0,1	5,72	59	26	28	-	22	graubraun	säuerlich	wässrig
4. Tag	6^{00}	Fütterung: Heu ad libitum										
	8^{30}	0,5	0,3	6,17	79	18	17	-	20	braunoliv	schwach aromat.	etwas wässrig
	11^{00}	-	0,1	6,08	81	-	16	-	19	braunoliv	schwach aromat.	etwas wässrig
	12^{30}	Fütterung: Heu ad libitum										
	14^{30}	-	0,25	6,03	88	15	17	25	23	braunoliv	schwach aromat.	dünn viskös

Spr. = 20-ml-Ganzglasspritze "Norm", Gär. = Gärungssaccharometer

- = nicht untersucht

Tab. 10: Verlauf der Glucosevergärung, des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes bei der Erzeugung einer Pansenazidose durch einen hohen Anteil an Haferschrot in der Futterration beim Rind (V_1). Versuch 2

Versuchstag	Uhrzeit	Glucosevergärung in Spr. ml Gas/h	Gär. ml Gas/h	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Referenzmethode mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l	Farbe	Geruch	Konsistenz
1. Tag	6^{00}	Fütterung: gemischte Ration									
	8^{30}	-	0,1	6,45	101	-	17	25	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	11^{00}	0,00	0,05	6,50	104	-	16	23	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	12^{00}	Fütterung: 2 kg Heu + 4 kg Haferschrot									
	14^{00}	-	0,1	6,14	93	-	20	26	hellbraun	aromatisch	dünn viskös
	16^{00}	0,25	0,25	6,15	91	-	19	22	hellbraun	aromatisch	dünn viskös
2. Tag	6^{00}	Fütterung: 2 kg Heu + 4 kg Haferschrot									
	8^{30}	-	0,8	6,36	103	-	18	18	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	11^{00}	-	0,55	6,24	88	-	16	17	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	12^{00}	Fütterung: 1,5 kg Heu + 4 kg Haferschrot									
	14^{00}	1,95	1,25	5,96	94	-	18	18	helloliv	aromatisch	dünn viskös
	15^{30}	-	1,15	6,17	91	-	17	19	helloliv	aromatisch	dünn viskös
	17^{00}	-	0,85	5,97	86	-	20	16	helloliv	aromatisch	dünn viskös
3. Tag	6^{00}	Fütterung: 2 kg Heu + 4 kg Haferschrot									
	8^{00}	0,55	0,4	5,92	97	-	21	17	helloliv	aromatisch	dünn viskös
	11^{00}	0,4	0,3	6,07	94	-	18	16	helloliv	aromatisch	dünn viskös
	12^{00}	Fütterung: 2 kg Heu + 5 kg Haferschrot									
	14^{00}	0,1	0,05	5,72	96	-	25	15	braungrün	schwach aromat.	dünn viskös
	16^{30}	-	0,2	5,86	86	22	25	13	braungrün	schwach aromat.	dünn viskös
	20^{00}	0,1	0,1	5,91	90	25	24	14	helloliv	schwach aromat.	dünn viskös
4. Tag	6^{00}	Fütterung: 2 kg Heu + 7 kg Haferschrot									
	8^{00}	-	1,4	6,24	99	22	23	17	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	11^{00}	0,9	0,7	5,84	90	23	23	16	graubraun	aromatisch	dünn viskös
	11^{05}	Fütterung: 1 kg Heu + 3 kg Haferschrot									
	14^{00}	-	0,6	5,62	89	32	31	15	graubraun	säuerlich	etwas wässrig
	16^{45}	-	0,6	5,53	83	36	33	13	graubraun	säuerlich	etwas wässrig
	20^{00}	-	0,2	5,38	85	34	33	15	milchiggrau	sauer-stechend	wässrig
	22^{00}	0,55	0,45	5,72	86	27	28	12	graubraun	sauer-stechend	wässrig
5. Tag	8^{00}	-	1,1	5,64	97	33	35	15	graugelb	sauer-stechend	etwas wässrig
	8^{30}	Fütterung: Heu ad libitum; 1 P. Bykodigest antacid + 3 l aktiven Pansensaft per fist. in die Vormägen eingegeben									
	11^{00}	-	0,8	5,96	98	26	27	17	braunoliv	säuerlich	etwas wässrig

Spr. = 20-ml-Ganzglasspritze "Norm", Gär. = Gärungssaccharometer - = nicht untersucht

Tab. 11: Verlauf der Glucosevergärung, des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes bei Inaktivierung der Vormagenflora durch Strohfütterung beim Schaf (Versuchstier V_3). Versuch 1

Versuchstag	Uhrzeit	Glucosevergärung in Spr. ml Gas/h	Gär. ml Gas/h	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Referenzmethode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l	Farbe	Geruch	Konsistenz
1. Tag	6^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	8^{15}	1,9	1,2	6,45	85	17	18	17	19	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	11^{45}	0,95	0,65	6,62	87	16	15	17	17	dunkelbraun	aromatisch	dünn viskös
	14^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	15^{45}	1,35	1,0	6,57	83	16	17	21	20	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
2. Tag	6^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	8^{15}	0,95	0,65	6,26	81	26	24	15	17	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	11^{45}	4,55	2,4	6,24	78	25	20	13	11	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	14^{00}	Fütterung: Stroh ad libitum										
	15^{45}	-	1,8	6,49	82	18	18	11	11	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
3. Tag	8^{15}	1,5	1,15	7,08	95	14	13	10	9	hellbraun	schwach aromat.	dünn viskös
	11^{45}	1,4	0,85	7,10	94	10	11	11	9	hellbraun	schwach aromat.	dünn viskös
	15^{45}	0,85	0,6	6,45	82	19	17	15	16	hellbraun	schwach aromat.	dünn viskös
4. Tag	8^{15}	0,85	0,7	6,67	92	12	12	8	8	hellbraun	fade	dünn viskös
	11^{45}	1,5	1,4	6,76	84	15	14	8	7	gelbbraun	fade	wässrig
	15^{45}	1,0	1,0	6,73	73	13	16	13	12	graubraun	fade	wässrig
5. Tag	8^{15}	0,65	0,45	7,09	85	11	13	8	5	gelbbraun	fade	wässrig
	11^{45}	0,9	0,75	6,83	73	13	12	8	8	gelbbraun	fade	wässrig
	12^{00}	Fütterung: 250 g Haferschrot + Stroh										
	15^{45}	0,25	0,3	6,70	61	14	13	10	8	hellbraun	indifferent	wässrig
6. Tag	6^{00}	Fütterung: 250 g Haferschrot + Stroh										
	8^{15}	0,7	0,5	6,99	73	9	8	6	6	hellbraun	indifferent	wässrig
	11^{45}	0,7	0,4	7,05	74	11	10	8	5	hellbraun	indifferent	wässrig
	14^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	15^{45}	1,0	0,45	6,63	71	17	16	19	18	braunoliv	fade	wässrig
7. Tag	6^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	8^{15}	1,15	0,65	6,64	81	16	18	20	20	braunoliv	schwach aromat.	etwas wässrig
	11^{45}	1,25	1,0	6,55	72	15	13	18	16	braunoliv	schwach aromat.	etwas wässrig
	14^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	15^{45}	0,65	0,55	6,23	60	16	16	25	23	braunoliv	schwach aromat.	etwas wässrig

Spr. = 20-ml-Ganzglasspritze "Norm", Gär. = Gärungssaccharometer — = nicht untersucht

Tab. 12: Verlauf der Glucosevergärung, des pH-Wertes, der Pufferkapazität, der Gesamtazidität und des Chloridgehaltes bei Inaktivierung der Vormagenflora durch Strohfütterung beim Schaf (Versuchstier V_3). Versuch 2

Versuchstag	Uhrzeit	Glucosevergärung in Spr. ml Gas/h	Gär. ml Gas/h	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Referenzmethode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l	Farbe	Geruch	Konsistenz
1. Tag	6^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	8^{15}	1,65	1,4	6,44	86	14	15	19	19	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	11^{45}	-	0,8	6,72	83	13	13	21	20	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	14^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	15^{45}	2,7	1,2	6,45	89	17	18	23	22	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
2. Tag	6^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	8^{15}	2,1	1,25	6,74	104	14	16	16	17	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	11^{45}	0,55	0,5	6,52	91	13	13	13	11	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	14^{00}	Fütterung: Stroh ad libitum										
	15^{45}	-	1,8	6,64	94	14	13	15	13	graubraun	aromatisch	dünn viskös
3. Tag	8^{15}	-	0,8	6,68	89	11	11	9	7	hellbraun	schwach aromat.	etwas wässrig
	11^{45}	-	0,6	6,95	94	9	11	9	8	hellbraun	fade	wässrig
	15^{45}	2,0	1,5	6,82	91	12	12	11	10	hellbraun	schwach aromat.	
4. Tag	8^{15}	1,25	0,95	7,05	84	12	12	9	8	hellbraun	fade	wässrig
	11^{45}	0,6	0,4	6,97	89	11	11	13	11	gelbbraun	fade	wässrig
	15^{45}	1,0	0,55	6,87	81	12	11	13	13	gelbbraun	fade	wässrig
5. Tag	8^{15}	0,25	0,2	7,11	87	11	12	8	7	hellbraun	fade	wässrig
	11^{45}	0,3	0,4	7,05	90	10	10	11	10	gelbbraun	fade	wässrig
	12^{00}	Fütterung: 250 g Haferschrot + Stroh										
	15^{45}	0,35	0,3	6,74	71	13	13	14	13	gelbbraun	säuerlich	wässrig
6. Tag	6^{00}	Fütterung: 250 g Haferschrot + Stroh										
	8^{15}	0,2	0,2	6,96	83	13	12	9	6	hellbraun	säuerlich	wässrig
	11^{45}	0,3	0,2	6,93	78	10	10	8	8	hellbraun	fade	wässrig
	14^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	15^{45}	1,8	1,1	6,41	85	18	19	21	20	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
7. Tag	6^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	8^{15}	0,8	0,8	6,52	87	14	15	18	18	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	11^{45}	1,7	1,4	6,41	88	13	13	15	16	braunoliv	aromatisch	dünn viskös
	14^{00}	Fütterung: gemischte Ration										
	15^{45}	3,5	1,8	6,44	83	16	15	21	21	braunoliv	aromatisch	dünn viskös

Spr. = 20-ml-Ganzglasspritze "Norm", Gär. = Gärungssaccharometer - = nicht untersucht

Tab.13: Ergebnisse der vergleichenden Chloridbestimmungen im Pansensaft vom Rind (Versuchstier V_2) nach intraruminaler Verabreichung von 175 g Kochsalz. Versuch 1

Zeitpunkt der Probenentnahme		Chloridgehalt im Pansensaft	
		Visocolor(R)-Test CL 500 (mmol/l)	Chloridmeter (mmol/l)
10 min. vor	intraruminaler Kochsalzverabreichung	21	20
10 min. nach		50	53
13 min. nach		69	70
16 min. nach		68	72
19 min. nach		63	68
22 min. nach		68	67
25 min. nach		61	63
28 min. nach		59	61
31 min. nach		55	52
34 min. nach		53	53
37 min. nach		50	50
40 min. nach		52	53
43 min. nach		45	43

Tab.14: Ergebnisse der vergleichenden Chloridbestimmungen im Pansensaft vom Rind (Versuchstier V_2) nach intraruminaler Verabreichung von 150 g Kochsalz. Versuch 2

Zeitpunkt der Probenentnahme		Chloridgehalt im Pansensaft	
		Visocolor(R)-Test CL 500 (mmol/l)	Chloridmeter (mmol/l)
10 min. vor	intraruminaler Kochsalzverabreichung	30	31
10 min. nach		68	77
13 min. nach		56	57
16 min. nach		56	56
19 min. nach		59	62
22 min. nach		64	66
25 min. nach		62	64
28 min. nach		59	62
31 min. nach		61	60
34 min. nach		51	57
37 min. nach		54	53
40 min. nach		49	51

Tab.15: Ergebnisse der vergleichenden Aziditäts- und Chloridbestimmungen bei Senkung des pH-Wertes von aktivem Pansensaft des Schafes (Versuchstier V_3) in vitro mit Hilfe von 0,1 n Salzsäure. Versuch 1

Lfd. Nr.	pH-Wert	Gesamtazidität		Chloridgehalt	
		Visocolor(R)-Test AC 7 mmol/l	Ref.-methode mmol/l	Visocolor(R)-Test CL 500 mmol/l	Chlorid-meter mmol/l
1	6,44	15	15	11	10
2	6,26	18	18	17	15
3	6,06	20	20	21	20
4	5,86	21	21	25	22
5	5,66	23	23	27	25
6	5,46	27	26	32	27
7	5,26	31	28	34	30
8	5,06	33	31	36	34
9	4,86	37	35	42	38
10	4,66	40	38	45	42

Tab.16: Ergebnisse der vergleichenden Aziditäts- und Chloridbestimmungen bei Senkung des pH-Wertes von aktivem Pansensaft des Schafes (Versuchstier V_3) in vitro mit Hilfe von 0,1 n Salzsäure. Versuch 2

Lfd. Nr.	pH-Wert	Gesamtazidität		Chloridgehalt	
		Visocolor(R)-Test AC 7 mmol/l	Ref.-methode mmol/l	Visocolor(R)-Test CL 500 mmol/l	Chlorid-meter mmol/l
1	5,83	27	28	18	17
2	5,63	28	30	24	23
3	5,43	31	32	26	25
4	5,23	34	36	32	29
5	5,03	41	40	37	35
6	4,83	43	41	40	38
7	4,63	44	43	42	43
8	4,43	52	48	44	47
9	4,23	54	53	54	51
10	4,03	58	57	58	56

Tab. 17: Ergebnisse der Pansensaftuntersuchung bei Rindern mit Dislocatio abomasi sinistra

Lfd. Nr.	Zeitr. zw. P.-entn.[1] u. -unters. in Std.	Farbe	Geruch	Konsistenz	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Ref.-methode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l	Weitere Diagnosen
1	1	braun-oliv	fade-säuerlich	dünn viskös	6,71	76	9	9	29	28	chron. Lungenemphysem
2	6	dunkelbraun	fade-säuerlich	wässrig	6,15	30	17	20	59	61	chron. Lungenemphysem
3	5	dunkel-oliv	sauer-stechend	wässrig	5,64	65	26	26	52	53	Peritonitis circ.-scr. adhaes. (am Abomasum)
4	21	dunkelbraun	fade-säuerlich	dünn viskös	6,61	89	17	15	36	38	Acetonämie
5[a)]	22	dunkelbraun	fade-säuerlich	wässrig	6,56	31	9	10	56	57	-

[1] Zeitraum zwischen Pansensaftentnahme und -untersuchung

[a)] Kalb, 10 Wochen alt

Tab. 18: Ergebnisse der Pansensaftuntersuchung bei Rindern mit Dislocatio abomasi dextra

Lfd. Nr.	Zeitr. zw. P.-entn. u. -unters.[1] in Std.	Farbe	Geruch	Konsistenz	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Ref.-methode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l	Diagnose
1	19	braun-oliv	fade-säuerlich	wässrig	6,72	45	-	13	66	68	Dislocatio abomasi dext. sine torsione
2	-	dunkel-oliv	fade	wässrig	6,9	77	11	9	19	19	Disloc. abom. dext. sine tors./Acetonämie
3	-	hell-braun	fade-säuerlich	wässrig	7,3	79	6	4	35	36	Disloc. abom. dext. sine tors./Acetonämie
4	-	braun-oliv	fade-säuerlich	dünn viskös	6,3	78	36	32	42	40	Disloc. abom. dext. sine tors. (Op. m. Omentopexie vor 1 Tag)
5	-	hell-oliv	schwach aromat.	dünn viskös	6,8	68	16	19	31	30	Disloc. abom. dext. sine tors. (Op. m. Omentopexie vor 2 Tg.)
6	2	braun-oliv	fade-säuerlich	wässrig	6,45	58	14	13	42	40	Disloc. abom. dext. cum tors. (Op. m. Omentopexie vor 3 Tg.)
7	2	hell-braun	aromatisch	dünn viskös	6,64	74	14	16	30	30	Disloc. abom. dext. cum tors. (Op. m. Omentopexie vor 5 Tg.)

[1] Zeitraum zwischen Pansensaftentnahme und -untersuchung

- = nicht untersucht

Tab. 19: Ergebnisse der Pansensaftuntersuchung bei Rindern mit verschiedenen Formen von Peritonitis

Lfd. Nr.	Zeitr. zw. P.-entn. u. -unters.[1] in Std.	Farbe	Geruch	Konsistenz	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Ref.-methode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l	Diagnose
1	-	braun-oliv	fade	wässrig	7,0	80	7	6	37	33	Reticuloperitonitis traum.
2	-	dunkel-oliv	fade säuerlich	wässrig	5,7	66	22	19	32	37	General. fibrin. Peritonitis
3	-	hell-oliv	fade säuerlich	dünn viskös	6,6	73	14	14	35	33	General. fibrin. Peritonitis
4	-	dunkel-oliv	fade	dünn viskös	6,8	110	12	13	-	18	Peritonitis circ.-scr. adhaesiva (dorsal zw. Pansen u. li. Niere)
5	-	braun-oliv	fade	wässrig	6,3	79	11	13	38	38	Reticuloperitonitis traum.
6	22	dunkel-braun	fade säuerlich	wässrig	7,36	85	4	6	35	35	Reticuloperitonitis traum.
7	1	braun-oliv	indifferent	wässrig	7,18	84	5	6	20	19	Reticuloperitonitis traum.

[1] Zeitraum zwischen Pansensaftentnahme und -untersuchung

- = nicht untersucht

Tab. 20: Ergebnisse der Pansensaftuntersuchung bei Rindern mit mechanischen oder funktionellen Magenstenosen

Lfd. Nr.	Zeitr. zw. P.-entn.[1] u. -unters. in Std.	Farbe	Geruch	Konsistenz	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Ref.-methode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l	Diagnose
1	20	dunkelbraun	sauerstechend	wässrig	5,67	27	-	20	66	74	Hintere funktionelle Magenstenose mit Pansendilat. u. -überladung
2[a)]	3	hellbraun	fade	dünn viskös	6,9	87	10	9	26	25	Vordere funktionelle Magenstenose
3	3	dunkeloliv	fadesäuerlich	wässrig	6,44	32	33	36	75	74	Hintere funktionelle Magenstenose/ Reticulperitonitis traum. adhaesiva
4	18	dunkelbraun	fadesäuerlich	wässrig	6,23	64	22	18	53	55	Abomasitis geosedimentosa

[a)] Jungrind, 7 Monate alt

Tab. 21: Ergebnisse der Pansensaftuntersuchung bei Rindern mit Milchsäure-Azidose des Hauben-Panseninhalts

Lfd. Nr.	Zeitr. zw. P.-entn.[1] u. -unters. in Std.	Farbe	Geruch	Konsistenz	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Ref.-methode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l
1	23	milchig-grün	sauerstechend	wässrig	5,39	71	37	40	16	15
2	3	milchig-gelb	sauerstechend	wässrig	5,69	79	36	39	-	20

[1] Zeitraum zwischen Pansensaftentnahme und -untersuchung - = nicht untersucht

Tab. 22: Ergebnisse der Pansensaftuntersuchung bei Rindern mit sonstigen Erkrankungen

Lfd. Nr.	Zeitr. zw. P.-entn. u. -unters.[1] in Std.	Farbe	Geruch	Konsistenz	pH-Wert	Pufferkapazität mmol/l	Gesamtazidität Visocolor AC 7 mmol/l	Gesamtazidität Ref.-methode mmol/l	Chloridgehalt Visocolor CL 500 mmol/l	Chloridgehalt Chloridmeter mmol/l	Diagnose
1	24	dunkel-oliv	aromatisch	dünn viskös	6,71	87	16	18	23	21	Psalterparese (nach 2 Tagen Therapie)
2	-	hell-oliv	schwach aromat.	wässrig	6,5	70	14	12	27	26	Dilatatio caeci
3	2	braun-oliv	fade	dünn viskös	6,64	90	-	17	34	36	Dilatatio et torsio caeci (Op. vor 2 Tagen)
4	-	hell-oliv	aromatisch	dünn viskös	6,16	90	27	28	25	24	Mastitis cat. ac.
5	18	braun-oliv	schwach aromat.	dünn viskös	6,8	92	10	12	27	25	Acetonämie
6	3	hell-braun	fade	dünn viskös	6,93	106	16	16	-	26	Endometritis puerp./ Bronchopneum. cat. ac.
7	-	dunkel-oliv	fade	viskös	7,6	110	5	5	40	41	Festliegen 14 Tage a. p. / Acetonämie
8[a)]	-	hell-oliv	indifferent	wässrig	6,7	60	6	7	24	25	Enteritis cat. ac./ Bronchopneum. purul. chr.
9[b)]	-	milchig-grün	sauer-stechend	wässrig	5,3	-	-	31	27	28	Enteritis cat. s. a./Rezidiv. Tympanie m. dorsaler Gasblase
10[b)]	-	milchig-grün	sauer-stechend	wässrig	5,5	-	-	28	20	22	Rezidiv. Tympanie m. dorsaler Gasblase
11[b)]	-	milchig-grau	sauer-stechend	wässrig	5,7	-	34	31	27	33	Rezidiv. Tympanie m. dorsaler Gasblase
12	-	dunkel-oliv	fade-säuerlich	wässrig	6,3	69	15	14	37	40	Enteritis cat. ac.

[1] Zeitraum zwischen Pansensaftentnahme und -untersuchung

- = nicht untersucht

a) Jungrind, 5 Monate alt

b) Kalb, 3 Monate alt

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. G. Dirksen für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Weiterhin danke ich Herrn Dr. D. Schillinger und Herrn Dr. W. Klee für die mir gewährte Hilfe im Verlauf meiner Arbeit.

Herrn Prof. Dr. K. Osterkorn danke ich für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Dank schulde ich ferner allen Assistenten, Angestellten und Arbeitern der II. Medizinischen Tierklinik für die freundliche und bereitwillige Hilfe bei meinen Untersuchungen.

LEBENSLAUF

Am 8. Februar 1954 wurde ich, Peter Weirather, als Sohn des prakt. Tierarztes Josef Weirather und seiner Ehefrau Erna, geb. Wieden, in Memmingen geboren.

Nach vier Klassen Volksschule besuchte ich ab 1964 das Kolleg der Schulbrüder in Illertissen und wechselte 1970 an das Bernhard-Strigel-Gymnasium in Memmingen, wo ich 1973 die Reifeprüfung ablegte.

Von November 1973 bis März 1975 leistete ich meinen Zivildienst im Stadtkrankenhaus Memmingen.

Im Wintersemester 1975/76 nahm ich an der Universität München das Studium der Tiermedizin auf, das ich am 18. Dezember 1980 mit der Tierärztlichen Prüfung abschloß. Die Approbation als Tierarzt erhielt ich am 2o. Januar 1981.

Im Mai 1981 begann ich mit der Anfertigung der vorliegenden Arbeit.